

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**“FENOLOGÍA DEL OLIVO (*Olea europea* L.) VAR. SEVILLANA
EN UNA CAMPAÑA PRODUCTIVA EN LA YARADA-TACNA”**

Presentado por:

ALEXANDER ALFREDO HUARCUSI CATUNTA

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

Lima- Perú

2016

DEDICATORIA

ESTE TRABAJO QUIERO DEDICARLO A LA OLIVICULTURA TACNEÑA;
PUES DESDE MUY JOVEN Y HASTA EL DÍA DE HOY HA SIDO SUSTENTO DE
TODO LO QUE HE PODIDO ALCANZAR.

“OLIVITO VERDE,
SIN CONOCERTE, HAS LLENADO DE VIOLETAS MI CANASTO;
POCO TE HE DADO Y DE MUCHO ME HAS COLMADO;
¿CUÁNTAS VECES BAJO TU SOMBRA ME HE CONFESADO?
¿CUÁNTAS VECES ENTRE TUS CAMINOS ME HAS CONSOLADO?.

AHORA QUE HE VUELTO,
SI ALGO SÉ ES QUE NO TE DEJARÉ,
Y HASTA MUY TARDE TE CUIDARÉ.”

AGRADECIMIENTOS

- Quiero dar gracias a mi Dios por darme vida, salud, y permitir que esto sucediera.
- Quiero dar gracias a mis padres: Alfredo y Felipa, por su esfuerzo, sacrificio, y la confianza otorgada que espero no haber defraudado. También agradecer a mi hermana Madeleyne por no olvidarse de su único hermano en los años de universidad.
- Quiero agradecer a mis amigos “Agrosivos” por acompañarme y compartir su tiempo. También quiero agradecer a mis amigos Emerson Echía, Julio Escriba, Fidel Eustaquio, Andrés Alcalá y Danilo Porras. Cuántas anécdotas nos unen.
- Quiero agradecer al Dr. Jorge Escobedo por su apoyo y confianza brindada para realizar este trabajo.
- Quiero dar gracias a mi universidad, la UNALM, por haberme formado. Siempre lo tengo presente.
- Quiero agradecer al profesor Msc. Mario Gálvez por su apoyo y empeño en hacer investigación, al ing. Alberto Sucso por apoyo. También quiero agradecer al sr. Manuel Chino por permitir hacer este trabajo en su olivar.

INDICE

I	INTRODUCCIÓN.....	1
II	REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
	2.1. CENTRO DE ORIGEN Y DIFUSIÓN DEL OLIVO EN EL.....	2
	CONTINENTE AMERICANO	
	2.2. OLIVICULTURA EN EL PERÚ Y TACNA.....	2
	2.3. TAXONOMÍA DEL OLIVO.....	4
	2.4. MORFOLOGÍA DEL OLIVO.....	5
	2.4.1 El árbol.....	5
	2.4.2. El tronco y las ramas.....	5
	2.4.3. La raíz.....	6
	2.4.4. La hoja.....	7
	2.4.5. La inflorescencia.....	8
	2.4.6. La flor.....	9
	2.4.7. El fruto.....	10
	2.5. DESARROLLO VEGETATIVO Y REPRODUCTIVO.....	11
	2.5.1 Desarrollo vegetativo.....	11
	2.5.2. Desarrollo reproductivo.....	12
	2.5.2.1 Fases de floración.....	12
	2.5.2.2. Inducción floral.....	12
	2.5.2.3. Diferenciación floral.....	14
	2.5.2.4. Floración, polinización y fecundación.....	14
	2.5.2.5. Cuajado y abscisión de frutos.....	16
	2.5.2.6. Crecimiento y desarrollo del fruto.....	17
	2.5.2.7. Endurecimiento del endocarpo.....	18
	2.5.2.8. Maduración del fruto.....	18
	2.6. VECERÍA DEL OLIVO.....	19
	2.6.1. Posibles causas de la vecería del olivo.....	20
	2.6.1.1. Ciclo bienal.....	20
	2.6.1.2. Inhibición de la inducción floral.....	21
	2.7. HORAS FRÍO.....	22
	2.8. FENOLOGÍA.....	23
	2.9. ESCALA EXTENDIDA BBCH.....	24
	2.9.1. Principios básicos de la escala.....	24
	2.10. VARIEDAD SEVILLANA.....	25
III	MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
	3.1. DATOS DE CAMPO.....	27
	3.2. METODOLOGÍA.....	28
	3.2.1. Escala BBCH para Olivo.....	28
	3.2.2. Determinación de tendencia de ramos.....	30
	3.2.3. Desarrollo floral.....	31
	3.2.4. Desarrollo y crecimiento vegetativo.....	33
	3.2.4.1. Desarrollo y crecimiento vegetativo en ramos con tendencia.....	33
	reproductiva.	
	3.2.4.2. Desarrollo y crecimiento vegetativo en ramos con tendencia.....	33
	vegetativa.	

3.2.4.3.	Denominaciones usadas para yemas vegetativas.....	34
3.2.5.	Crecimiento de frutos.....	35
3.2.5.1.	Endurecimiento del hueso.....	36
3.2.6.	Maduración de frutos.....	37
3.2.7.	Procesamiento de datos.....	37
3.2.8.	Datos Meteorológicos.....	39
IV	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
4.1.	DESARROLLO Y CRECIMIENTO VEGETATIVO.....	40
4.1.1.	Destino de yemas.....	40
4.1.1.1.	Destino de yemas apicales sobre ramos con tendencia reproductiva.....	40
4.1.1.2.	Destino de yemas apicales sobre ramos con tendencia vegetativa.....	42
4.1.1.3.	Destino de yemas laterales sobre ramos con tendencia vegetativa.....	43
4.1.2.	Crecimiento de brotes.....	44
4.1.2.1.	Crecimiento de brotes originados de yemas apicales de brotación típica sobre ramos con tendencia reproductiva.....	44
4.1.2.2.	Crecimiento de brotes originados de yemas apicales de brotación típica sobre ramos con tendencia vegetativa.....	45
4.1.2.3.	Desarrollo de brotes vegetativos de yemas apicales respecto al desarrollo reproductivo.....	45
4.1.3.	Evolución fenológica de yemas vegetativas.....	47
4.1.3.1.	Evolución fenológica de yemas apicales de brotación típica sobre ramos con tendencia reproductiva.....	47
4.1.3.1.1.	Estadio principal 0: desarrollo de las yemas vegetativas.....	47
4.1.3.1.2.	Estadio principal 1: desarrollo de hojas.....	49
4.1.3.1.3.	Estadio principal 3: desarrollo de brotes.....	50
4.1.3.2.	Evolución fenológica de yemas apicales de brotación típica sobre ramos con tendencia vegetativa.....	52
4.1.3.2.1.	Estadio principal 0: desarrollo de las yemas vegetativas.....	52
4.1.3.2.2.	Estadio principal 1: desarrollo de hojas.....	53
4.1.3.2.3.	Estadio principal 3: desarrollo de brotes.....	54
4.2.	DESARROLLO REPRODUCTIVO.....	56
4.2.1.	Estadio principal 5: desarrollo de inflorescencias.....	56
4.2.2.	Estadio principal 6: floración.....	58
4.2.3.	Estadio principal 7: desarrollo del fruto.....	60
4.2.3.1.	Endurecimiento del endocarpo (hueso).....	61
4.2.4.	Estadio principal 8: maduración del fruto.....	62
V	CONCLUSIONES.....	67
VI	RECOMENDACIONES.....	68
VII	BIBLIOGRAFÍA.....	69
VIII	ANEXO.....	79

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Superficie cosechada (has) de aceituna en el Perú en el año 2011.....	3
Figura 2	Esquema taxonómico de <i>Olea europea</i> (L).....	4
Figura 3	Ciclo bienal del olivo.....	21
Figura 4	Ramos con tendencia reproductiva marcados con cinta roja.....	31
Figura 5	Ramo con tendencia vegetativa marcado con cinta azul.....	34
Figura 6	Atadura con un hilo de lana en la zona basal de raquis.....	35
Figura 7	Inflorescencia en formación, originada de una yema apical.....	41
Figura 8	Distribución porcentual de brotes vegetativos desarrollados de yemas apicales que culminaron su crecimiento en distintos estados fenológicos reproductivos.	46
Figura 9	Desarrollo de yemas vegetativas sobre ramos con tendencia reproductiva.	47
Figura 10	Desarrollo de hojas sobre ramos con tendencia reproductiva.....	49
Figura 11	Desarrollo de brotes sobre ramos con tendencia reproductiva.....	50
Figura 12	Desarrollo de yemas vegetativas sobre ramos con tendencia vegetativa.	52
Figura 13	Desarrollo de hojas sobre ramos con tendencia vegetativa.....	53
Figura 14	Desarrollo de brotes sobre ramos con tendencia vegetativa.....	55
Figura 15	Desarrollo de inflorescencias sobre ramos con tendencia reproductiva.	56
Figura 16	Floración sobre ramos con tendencia reproductiva.....	58
Figura 17	Desarrollo de frutos sobre ramos con tendencia reproductiva.....	60
Figura 18	Evolución de la resistencia al corte de frutos.....	61
Figura 19	Maduración de frutos sobre ramos con tendencia reproductiva.....	62
Figura 20	Fenología del olivo (<i>Olea europea</i> L) cv Sevillana en una campaña productiva (2013-2014), según la escala BBCH* adaptada para olivo.	65

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Serie histórica de la producción de aceituna (t) de..... la región Tacna.	3
Cuadro 2	BBCH-Descripción de las fases fenológicas del..... olivo (<i>Olea europea</i> L.) Sanz-Cortés et al. (2002).	28
Cuadro 3	Caracterización de ramos evaluados. Datos promedio de..... Ramos seleccionados en diciembre del 2013, cuando todas las yemas reproductivas ya habían desarrollado. La longitud promedio de brotes no incluye el crecimiento de la campaña estudiada.	30
Cuadro 4	Distribución y número de yemas según el tipo de ramo..... perteneciente.	35
Cuadro 5	Datos meteorológicos de Temperatura y Humedad Relativa..... La Yarada.	39
Cuadro 6	Destino de yemas apicales sobre ramos con tendencia..... reproductiva.	40
Cuadro 7	Destino de yemas apicales sobre ramos con tendencia..... vegetativa.	42
Cuadro 8	Destino de yemas laterales sobre ramos con tendencia..... vegetativa.	43
Cuadro 9	Longitud de brotes generados de yemas apicales de..... brotación típica sobre ramos con tendencia reproductiva.	44
Cuadro 10	Longitud de brotes originados de yemas apicales de..... brotación típica sobre ramos con tendencia vegetativa.	45

RESUMEN

El olivo es el cultivo más representativo de Tacna, el extremo sur del Perú. Sin embargo, son muy escasos los trabajos de investigación respecto a este frutal siempre verde, para esta zona. Una característica presente es la vecería que afecta la producción olivícola tacneña, tiendo años de alta producción (año on) seguido de una año de baja o nula producción (año off). La variedad sevillana es la más cultivada. Este trabajo realiza un estudio fenológico en una campaña de alta producción para la variedad sevillana, usando la escala BBCH, en la campaña 2013-2014, en irrigación La Yarada Tacna-Perú. Para este fin, se escogieron 12 árboles en carga (alta producción) los más homogéneos posible, y sanos. Cada árbol se dividió en cuadrantes (norte, sur, este y oeste). En cada cuadrante se escogieron: 2 ramos con tendencia reproductiva (brotes de un año con aproximadamente 80 % de yemas laterales reproductivas), y en cada ramo se escogió 2 yemas laterales reproductivas y la yema apical vegetativa; y 1 ramo con tendencia vegetativa (brotes de un año con 30% de yemas laterales reproductiva), en cada ramo se escogió una yema lateral vegetativa y la yema apical vegetativa. En las yemas elegidas se registró la evolución fenológica según corresponda: vegetativa o reproductiva, usando la escala BBCH. En lo que respecta la parte vegetativa, también se evaluó el destino que tuvieron las yemas, se clasificó según el tamaño que alcanzaron los nuevos brotes, y según el momento que terminó de crecer el brote en relación con las etapas fenológicas reproductivas. Por otro lado, el endurecimiento del hueso también fue estudiado, seleccionando, luego del cuajado, 4 frutos por árbol (48 frutos en total) haciéndose un corte transversal en cada uno y determinando la resistencia al corte. En general, la frecuencia de evaluación fue semanal y quincenal; solo para el aspecto reproductivo fue 2 veces por semana. Todos los datos fueron procesados en el programa Microsoft Excel. Los resultados encontrados muestran que: A) los brotes cortos predominaron en ambos tipos de ramos, pero hubo mayor porcentaje de brotes largos en ramos con tendencia vegetativa. La mayoría de crecimientos vegetativos concluyó antes del endurecimiento del hueso (12 de diciembre aprox.). B) en ramos con tendencia reproductiva: la evolución fenológica con la escala BBCH muestra que: El “desarrollo de yemas vegetativas” empezó a inicios de agosto del 2013, prolongándose hasta inicios de noviembre del 2013; la etapa de “desarrollo de hojas” se inició a fines de agosto del 2013, culminando a fines de noviembre del 2013; finalmente, el

“desarrollo de brotes” comienza a mediados de octubre del 2013, culminando a mediados diciembre del 2013. C) en ramos con tendencia vegetativa: el “desarrollo de yemas vegetativas” inicia antes de fines de agosto del 2013 y culmina a fines de octubre del 2013; el “desarrollo de hojas” inicia a fines de julio del 2013, culminando a fines de octubre del 2013; el “crecimiento de brotes” inicia a comienzos de octubre del 2013, se prolonga en su mayoría hasta la quincena de enero del 2014. D) El “desarrollo de inflorescencias” se inició a principios de julio del 2013, prolongándose hasta inicios de octubre del 2013. La etapa “floración” ocurrió desde la quincena de setiembre del 2013, culminando a inicios de noviembre del 2013. La plena floración ocurrió desde el 22 de setiembre del 2013 hasta el 06 de octubre del 2013, ocurriendo el máximo porcentaje entre el 26 y 29. El endurecimiento del hueso ocurrió entre en la segunda quincena de noviembre del 2013 y la segunda quincena de diciembre del 2013. E) El “desarrollo de frutos” empezó desde inicios de noviembre del 2013, prolongándose hasta fines de setiembre del 2014. Mientras, la “maduración del fruto” inició en la quincena de abril del 2014, prolongándose hasta el mes de setiembre del 2014.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, el olivo es el principal cultivo del departamento de Tacna, donde por otro lado se encuentra la mayor superficie ocupada por este frutal en el Perú y donde igualmente se produce el mayor volumen nacional de aceitunas. Sin embargo el nivel tecnológico del manejo de las plantaciones es aún inadecuado para optimizar los rendimientos y mejorar la calidad. Este frutal siempre verde está sujeto a controversias, aún existen vacíos sobre el conocimiento de este; en la actualidad se siguen realizando estudios para comprender las respuestas del olivo al medio ambiente que la naturaleza y el hombre suministra. Uno de los aspectos importantes en el olivo es el conocimiento de la fenología, que se define como “la ciencia que comprende el estudio y la observación de los estadios de desarrollo reproductor y vegetativo de las plantas y animales en relación con los parámetros ambientales” (Schwartz, 1999). El conocimiento de este proceso ayuda a comprender la biología floral y vegetativa de la planta, anotar los cambios debido a diferentes zonas donde crece el olivo, y cambios ocurridos con el transcurrir del tiempo; por otro lado, también mejora el planteamiento en la resolución de problemas sanitarios, manejo agronómico, etc.

Todo progreso en el manejo de las plantaciones podrá plantearse y llevarse a cabo de manera más eficiente, en la medida que previamente se tenga como base un mejor conocimiento del modo en que ocurren los diferentes eventos fisiológicos durante la campaña, que constituyen el ciclo anual del frutal. El objetivo del presente trabajo es precisamente estudiar durante un ciclo productivo, la fenología del olivo en las condiciones climáticas particulares de la zona de La Yarada en Tacna, usando la escala BBCH adaptada para olivo por Sanz-Cortés et al. (2002).

Este trabajo de investigación es solo el inicio para determinar la fenología del olivo en condiciones de “La Yarada”; siendo necesario realizar repeticiones tanto en tiempo como en espacio, es así que se podrá tener resultados más representativos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 CENTRO DE ORIGEN Y DIFUSIÓN DEL OLIVO EN EL CONTINENTE AMERICANO

Según Vernet (1990; citado por Ramírez, 2001) el cultivo del olivo se remonta a unos 6.000 años a. C., originario de una región geográfica que ocupa desde el sur del Cáucaso hasta las altiplanicies de Irán, Palestina y la zona costera de Siria (Civantos, 2008). Blázquez *et al.* (1996) también mencionan como centro de origen del olivo el Asia Menor, hace unos seis milenios.

La expansión del cultivo fuera de la Cuenca Mediterránea se inició en el siglo XVI, al ser transportadas estacas de olivo desde Sevilla a los Virreinos de México y Perú. Posteriormente, se dispersó por América llegando a Chile y Argentina desde Perú, y a California desde México (Zohary y Hopf, 1993; citado por Ramírez, 2001).

Echeandía (1929) y De la Torre (1953), citados por Alférez y Robles (2007), mencionan que la olivicultura en el Perú se inicia en la costa central en 1560 con la introducción de plantones procedentes de Sevilla-España. Siendo este el punto de diseminación a todo el territorio peruano.

2.2 OLIVICULTURA EN EL PERÚ Y TACNA

Mayoritariamente, las zonas olivareras del Perú están ubicadas en la costa sur, teniéndose a Tacna, Arequipa, Ica, Moquegua y otros, como departamentos representativos. Según la D.R.A.T. (2013), la mayor producción de aceituna en Perú proviene de la región Tacna. Ya desde el año 2000, más del 50% de la producción es de esta procedencia. Igualmente Tacna es el departamento con mayor extensión olivícola, teniéndose en el año 2011 una superficie cosechada de 8, 100 has., representando el 62.5% de la superficie cosechada nacional. En el cuadro 1 y figura 1 se detallan las cifras estadísticas.

Cuadro 1. Serie histórica de la producción nacional de aceituna (t.) de la región Tacna.

PRODUCCION DE ACEITUNA (t.)			
AÑO	PERU	TACNA	%
2000	30026	16730	56
2001	32442	17244	53
2002	32488	17463	54
2003	38039	23462	62
2004	42071	26724	64
2005	54622	33365	61
2006	52298	35526	68
2007	52444	35404	68
2008	114363	73602	64
2009	7170	4619	64
2010	75035	44670	60
2011	73092	54748	75
2012	92527	61959	67

Fuente: MINAG. Dirección Regional de Agricultura-Tacna (2013).

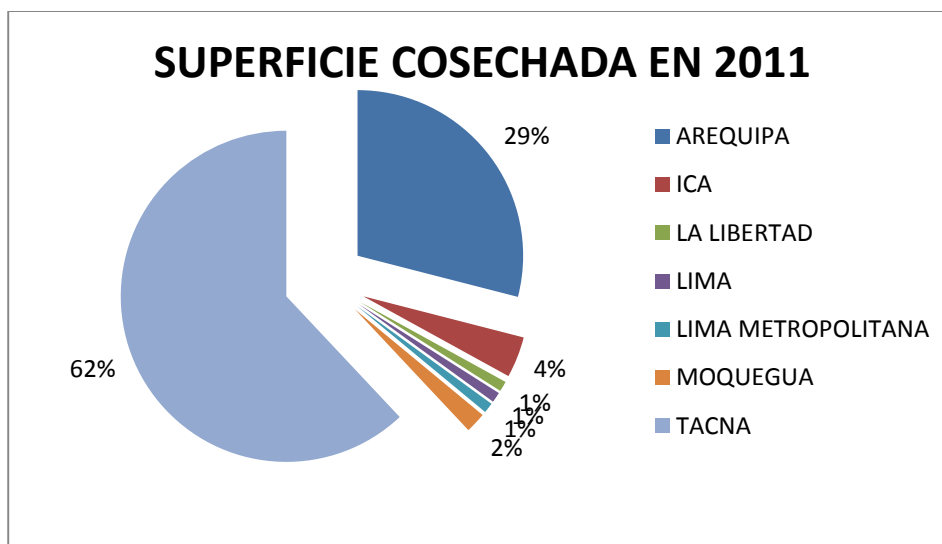


Figura 1: Superficie cosechada (has) de aceituna en el Perú en el año 2011.
Fuente: MINAG (2013).

Dentro del departamento de Tacna, la zona de mayor producción es el distrito de Tacna, con 44, 670 toneladas en el 2010, que es el 98% de la producción departamental total; teniendo como la zona de mayor producción la Irrigación La Yarada.

2.3 TAXONOMÍA DEL OLIVO

A continuación se presenta el esquema taxonómico de *Olea europea* (L) elaborado por Green (2002).

Reyno:	<i>Plantae</i>
Phylum:	<i>Magnoliophyta</i>
Clase:	<i>Rosopsida</i>
Orden:	<i>Lamiales</i>
Familia:	<i>Oleacea</i>
Sub-familia:	<i>Oleoideae</i>
Género:	<i>Olea</i>
Sub-género:	<i>Paniculatae</i> <i>Tetrapilus</i> <i>Olea</i>
Secciones:	<i>Ligustroides</i> <i>Olea</i>
Sub-especie:	<i>cuspidata</i> <i>laperrinei</i> <i>maroccana</i> <i>cerasiformis</i> <i>guanchica</i> <i>europaea</i>
varieties:	<i>Silvestris</i> (wild olive) <i>europaea</i> (cultivated olive)

Figura 2: Esquema taxonómico de *Olea europea* (L) Green (2002).

Una descripción más detallada la anota Heywood (1978; citado por Ramírez, 2001), quien indica que el olivo, *Olea europaea* L., es un árbol perteneciente a la familia *Oleaceae*. Dentro de ésta familia existen 29 géneros diferentes y unas 600 especies, con distribución cosmopolita. Presenta dos subfamilias: *Oleoideae* y *Jasminoideae*. El olivo pertenece a la primera, *Oleoideae*, que comprende otros géneros con interés agronómico como *Fraxinus* (fresno), *Syringa* (lilo), o *Ligustrum* (aligustre). La especie con mayor importancia económica y la única que se utiliza como alimento es el olivo. Fontanazza et al. (1996) menciona que las especies del género *Olea* tienen 23 pares de cromosomas ($2n=46$); por otro lado, este mismo autor indica que *Olea europea* abarca más de 2000 cultivares, siendo estas numerosísimas respecto a otras especies cultivadas.

2.4 MORFOLOGÍA DEL OLIVO

2.4.1 El árbol

El olivo presenta una gran plasticidad morfogenética, sin embargo, normalmente es de tamaño mediano, de unos 4 a 8 metros de altura, determinado por la variedad. Es muy longevo, pudiendo vivir muchos años. La copa es redondeada, pero también se presenta de forma cercana a la lobulada. Naturalmente produce una copa muy densa. Las características del árbol como densidad de copa, color de madera y longitud de entrenudos varían según el cultivar, medio ambiente, y sin de dejar de lado el manejo agronómico (en particular la poda) (Rapoport, 2008).

El olivo presenta una fase juvenil y una adulta, pero que solo son apreciadas en plantas propagadas por semilla y en aquellas taladas severamente, mas no en plantas propagadas vegetativamente. Se señala que existen algunas diferencias que caracterizan cada fase, la principal es la capacidad de reproducción que es inherente a la fase adulta. También se observa que el potencial para el enraizamiento es mayor en la fase juvenil; además que sus hojas son más cortas y gruesas y los brotes tienen entrenudos más cortos. (Según Lavee et al., 1996a; Rapoport, 2008).

2.4.2 El tronco y las ramas

El tronco o tallo principal del olivo suele ser muy grueso y su corteza puede ser de un color gris a verde grisáceo. La parte basal suele ensancharse cuando los arboles van madurando (10-15 años), según las condiciones de crecimiento y de cultivar (Rapoport, 2008). Son los brotes de gran vigor vegetativo los que campaña tras campaña irán afianzando su condición de rama principal, ya sea naturalmente o por intervención del hombre. Estas ramas principales, como en los troncos, tienen similar capacidad de brotación debido a la presencia de yemas latentes, que se expresarán en caso ocurra alguna ruptura de estos y condiciones ambientales favorables. Tradicionalmente se forman a los árboles de olivo con tres o cuatro brazos principales, los cuales se ubican aproximadamente a un metro del suelo. No obstante, todas las ramas principales deben de estar cubiertas, sin exposición directa al sol, ya que tienden a formar canchales y cuarteaduras y a envejecerlos prematuramente. Por lo que se debe procurar equilibrar la poda y evitar estos daños (Lavee et al., 1996a; Caballero, comunicación personal).

En la mayoría de cultivares los brotes recién formados son de color verde. Se observa que la forma del brote justo por debajo del punto de crecimiento es cuadrangular, mientras que a 2-3 cm por debajo del ápice el brote se redondea. La elasticidad de las ramas es variable, teniéndose que en algunos cultivares las ramas y ramos (brotes de un año a más) suelen curvarse cuando sostienen gran cantidad de frutos, mientras que otros cultivares terminan por quebrarse por la zona del ángulo de inserción. (Lavee et al., 1996a).

2.4.3 La raíz

La morfología del sistema radicular depende mucho de la forma de propagación utilizada (Rapoport, 2008). Cuando el árbol proviene de semilla, se espera que el sistema radicular sea de tipo pivotante, con un escaso desarrollo de raíces secundarias, hasta superado los 4-5 años de edad. Por el contrario, árboles propagados vegetativamente se espera, desde su enraizamiento, un sistema radicular de tipo fasciculado (raíces adventicias), donde no se tiene una raíz central sino varias raíces principales (Fernández et al, 1991; citado por Rapoport, 2008).

Las raíces más jóvenes son de color blanco. Conforme transcurre el proceso de maduración, estas cambian a un color marrón a consecuencia de su suberificación. Estas zonas más jóvenes, ubicadas después de los ápices radiculares, son aquellas en donde ocurre la mayor absorción de agua y nutrientes; por ende, es fundamental su renovación y conservación para un buen desempeño del cultivo (Rapoport, 2008). Según Lavee et al. (1996a), cada raíz principal está conectada directamente con alguna de las ramas, creando una relación intersectorial entre esa raíz y una parte específica de la copa. Cada rama nutre a cierta raíz principal y viceversa, entonces, si se elimina una ellas, la correspondiente también lo hará, desarrollándose nuevas raíces vinculadas a una nueva rama.

La profundidad y la extensión lateral del sistema radicular y el grado de ramificación dependen del tipo y profundidad del suelo, además de la aireación y contenido de agua del mismo (Fernández et al, 1991; citado por Rapoport, 2008). Respecto al contenido de agua en árboles regados, el sistema radicular tiende a ser poco profundo en relación a árboles de secano (Lavee et al. 1996a). Por otra parte, se sabe que el crecimiento

radicular es continuo, prolongándose por toda la campaña, sin embargo, no ocurre en la misma intensidad; uno de los factores más importantes es el estado de carga del árbol, encontrándose que en árboles cargados el mayor porcentaje de crecimiento se lleva a cabo en el periodo de brotación-floración de las yemas florales (Beyá y Fichet, 2015), iniciándose una drástica reducción del crecimiento a partir del cuajado de frutos (Ibacache et al., 2001).

2.4.4 La hoja

Las hojas del olivo son persistentes y normalmente permanecen en el árbol 2 a 3 años hasta su senescencia. Son el cultivar, la edad, el vigor, y los efectos ambientales a la cual se somete a la planta, los que determinan el tamaño y la forma de la hoja; pero, generalmente son simples, de forma lanceolada y con bordes enteros. El limbo tiene una longitud entre 3 a 9 cm, con una anchura entre 1 y 1.8 cm. La nervadura central es muy marcada, no así las secundarias que son poco notorias. Estas nervaduras secundarias suelen formar un ángulo de 45° respecto a la central. El peciolo es muy corto, llegando apenas a medio centímetro de longitud. Por cada nudo aparecen un par de hojas opuestas entre sí, y, los planos del par de hojas de nudos que son consecutivos se disponen entre sí a 90°. Esta disposición se denomina decusada. (Lavee et al., 1996a; Rapoport, 2008).

La hoja de olivo es de color verde oscuro y brilla por el haz, debido a una pequeña cutícula cerosa, segregada por las células epidérmicas que cubren dicha zona. Se ha mencionado que el envés de las hojas es de color blanco-plateado, debido a la presencia de tricomas que también son llamados “escamas peltadas”. Estos tricomas tienen una forma parecida a un parasol, formando una capa densa que permite a la hoja regular, junto con el cierre y apertura de estomas como principal factor, la pérdida de agua. Entonces, esta capa protectora, junto con los estomas, que solamente están presentes en el envés, son una de las particularidades que confieren al olivo la capacidad de soportar regímenes de estrés hídrico muy considerables (Lavee et al., 1996a; Rapoport, 2008). Fernández et al. (1997) encontraron que bajo condiciones de elevado déficit de presión de vapor de aire los olivos evitan la pérdida excesiva de agua cerrando sus estomas; además mencionan que las hojas que crecen en la campaña presente tienen un control estomatal más eficiente que hojas crecidas en la campaña anterior.

Las hojas son las encargadas de realizar la elaboración de carbohidratos a través de la fotosíntesis, pero cuando estas están en proceso de formación suelen ser los principales sumideros de estos azúcares; hasta que alcanzan la mitad de su tamaño donde su producción y asimilación se equilibran. Ya en su tamaño final, las hojas son la principal fuente de asimilados para el árbol (Rallo y Cuevas, 2008). Por otro lado, se ha encontrado que las hojas están involucradas en el desarrollo de las yemas florales una vez que estas han salido de dormancia (Troncoso et al., 2012).

2.4.5 La inflorescencia

Las inflorescencias se desarrollan en las axilas foliares de los nudos de brotes desarrollados en el año previo a la floración. La forma de la inflorescencia es paniculada. La panícula tiene un eje central de la cual salen ramificaciones que, a su vez, también pueden ser ramificadas. En las ramificaciones de las inflorescencias las flores son aisladas o forman grupos de tres o cinco y abren de forma escalonada (Rapoport, 2008; Suárez, 2009). El pedicelo que une la flor al eje de la inflorescencia es corto, de 2 mm a casi invisible. Cada inflorescencia puede tener entre 10 y 40 flores según el cultivar y las condiciones fisiológicas y ambientales. El tamaño de las inflorescencias y el número de flores varían de un año a otro, de acuerdo con el estado fisiológico del árbol y con las condiciones climáticas (Lavee, 1996a). Todas las inflorescencias de olivo siempre terminan en una flor (King, 1938, citado por Castillo-Llanque, 2003). Respecto al grado de fertilidad floral, Lavee et al. (1996b) encontraron que en la mayoría de cultivares estudiados las flores distales (más próximas al ápice de la inflorescencia) son más proclives a formar frutos.

En un ciclo anual tradicional, el inicio y la duración del desarrollo de la inflorescencia va a depender principalmente de la temperatura (Rojo, 2014); pero a grandes rasgos esta inicia durante la primavera, es cuando la yema reproductiva despierta y la inflorescencia comienza a crecer. La dimensión final de la inflorescencia no se alcanza hasta pocos días antes de floración. (Gómez del Campo y Rapoport, 2008). Dentro de una inflorescencia, el tiempo transcurrido desde la diferenciación de la primera hasta la última flor no suele ser superior a 1-2 semanas (Lavee et al, 1996a). En años de carga, la ubicación de la inflorescencia en el ramo (brote de un año) se relaciona con algunas variaciones importantes que determinan la aptitud de las flores para fructificar; así, las

inflorescencias distales (próximas al ápice del brote) tienden a ser más pequeñas, además de contener más flores imperfectas (masculinas), las cuales son las primeras en caer (Lavee et al., 1996a). De esta manera las yemas más fructíferas son las de la zona central del ramo (Gómez del campo y Rapoport, 2008).

2.4.6 La flor

Las flores de olivo son pequeñas y actinomorfas, con simetría regular. El cáliz, que es el conjunto de sépalos, es un pequeño tubo campanulado de color blanco-verdoso que se mantiene junto a la base del ovario después de la caída de los pétalos. La corola está compuesta por cuatro pétalos blancos o blanco-amarillentos unidos a su base (gamopétalo). Los estambres son dos y están insertados en la corola en orientación opuesta; constan de un filamento corto y una antera relativamente grande conformada de dos tecas biloculares (Rapoport, 2008; Suárez, 2009). Las flores de olivo no presentan nectarios (Gómez del Campo y Rapoport, 2008). En el centro de la flor se encuentra el pistilo, compuesto por un ovario súpero, un breve estilo y un estigma bilobulado y papiloso. El ovario tiene dos lóculos o cavidades, cada una contiene dos óvulos o primordios seminales unidos por el funículo a la parte superior de la placenta central, que separa los dos lóculos. Los óvulos son anátropos: durante su formación experimentan un giro estructural que acaba orientando hacia el micrópilo, la puerta por donde tiene que entrar el tubo polínico, hacia la parte superior del ovario, cerca del estilo (Rapoport, 2008; Suárez, 2009). Ocasionalmente se ven flores atípicas con un número de partes superior al normal (Lavee, 1985; citado por Lavee et al., 1996a).

En el olivo existen flores de dos tipos: perfectas y estaminíferas, no registrándose la presencia de flores femeninas. Las flores perfectas o bisexuales están compuestas de estambres y pistilo bien desarrollados y funcionales; siendo su fórmula floral $K (4) [C (4) A_2] \underline{D} (2)$. Las flores masculinas o estaminíferas, que producen polen viable, normalmente presentan diferentes grados de desarrollo del ovario; en casos extremos este es casi imperceptible, o está ausente (aborto ovárico) (Escobar, 1981; Lavee et al, 1996a; Rapoport, 2008; Suárez, 2009). Pese a la presencia de flores estaminíferas, la proporción de esta no afecta el cuajado de frutos (Lavee et al., 1996b; Lavee, 2007).

El olivo presenta una floración constituida por 500 000 flores por árbol, dependiendo del cultivar y el año (Fontanazza et al., 1996); respecto a lo último, la cantidad de flores está influenciado por la carga frutal, es así que en años de descarga (baja producción de frutos) la baja floración es compensada con mayor cantidad de flores pistiladas y mayor cantidad de frutos (Cuevas et al., 1994a).

2.4.7 El fruto

La aceituna es un fruto de forma elipsoidal y globosa, de 1 a 4 cm. de longitud y 0.6 a 2 cm. de diámetro; este rango de longitud y diámetro que expresa diferencia de tamaño de frutos entre los cultivares se debe principalmente al número de células del mesocarpio y no al tamaño de células de este. En este órgano se distinguen las siguientes partes: pedicelo, epicarpio (piel), mesocarpio (pulpa), endocarpio (hueso) y embrión (Valdés *et al.*, 1987; citado por Oteros, 2013). El fruto de olivo es de color verde al inicio, y en la madurez es de color negra, negro-violácea o rojiza (Rapoport, 2008; Rapoport et al., 2004). Completada la maduración el peso fresco del fruto varía de uno a diez gramos, el 60-90% de ese peso lo constituye la pulpa, el 10-40% el hueso y el 1-2% la semilla. Los principales componentes del fruto son: agua, aceite, azúcares, proteínas, taninos, otros derivados y cenizas (Tombesi, 2003; citado por García *et al.*, 2013).

No todos los frutos presentan semillas, es así que en el olivo existen frutos partenocárpico, frutos sin semillas, ovarios desarrollados sin fecundación los cuales llevan el nombre de “Zofairones” (Rallo y Cuevas, 2008). Dentro de las características que podrían afectar su presencia en el olivo, se acusa al tipo de polinización como un factor importante, además del varietal; es así que se ha encontrado mayores niveles de partenocarpia en autopolinización que en polinización cruzada (Navarro-Ainza y López-Carbajal, 2013; Castillo-Llanque, 2003).

2.5 DESARROLLO VEGETATIVO Y REPRODUCTIVO

2.5.1 Desarrollo vegetativo

La mayor proporción de floración en olivo se da en brotes del año anterior (también llamados “ramos”). Estos brotes poseen yemas axilares de donde emergerán las inflorescencias que darán paso a los frutos. Además de esto, también portan yemas vegetativas, 5 a 10 % del total de yemas presentes, que tienen entre sus funciones la ramificación del olivo y el abastecimiento constante de yemas para su posterior diferenciación. El aspecto vegetativo es muy importante en la vida productiva- por lo tanto comercial- del árbol de olivo, y en su longevidad (Lavee et al., 1996a; Lavee, 2007; Castillo-Llanque y Rapoport, 2011).

El olivo no requiere frío para brotar vegetativamente y el patrón general del ciclo de crecimiento vegetativo es similar en todas las condiciones, pero no el aspecto cuantitativo del mismo; va a depender de la humedad del suelo, temperatura, técnicas de cultivo, etc. (Lavee et al., 1996a; Rallo y Cuevas, 2008). Normalmente a inicios de primavera las yemas vegetativas son inducidas a iniciar su crecimiento, debido a la elevación de las temperaturas diurnas y el alargamiento del día (Lavee 2007; Escobar 1981); sin embargo estas tienen la capacidad de brotar en cualquier época del año si se les dan las condiciones ambientales favorables (Dos Santos, 2000). La duración y velocidad del crecimiento vegetativo va a depender mucho del estado de carga frutal, es así que en años de alta producción los recursos son principalmente para floración y fructificación, perjudicando el desarrollo de brotes (Monselise y Goldschmidt, 1982; Rallo y Suarez, 1989; Troncoso et al., 2012), haciendo que estos sean débiles (Lavee, 2007), más cortos (Castillo-Llanque y Rapoport, 2011; Castillo-Llanque et al., s.f.), y culminando su crecimiento antes que si fuera un año de baja producción (Escobar 1981; Beyá y. Fichet, 2015). Por otro lado, el estado de carga también afecta el origen del crecimiento vegetativo, teniéndose que en años de carga los brotes se originan preferentemente de yemas apicales, y en años de descarga se originan mayormente de yemas laterales; en ambos casos, los brotes tienden a originarse mayormente sobre ramos(as) jóvenes (de un año y dos) (Castillo-Llanque y Rapoport, 2011).

Se han practicado métodos para mejorar el desarrollo vegetativo en años “on” (de gran producción frutícola); de esto, Dag et al. (2010) trabajando con árboles cargados

encontraron que si se quitan completamente los frutos hasta 120 días después de plena floración se tiene una reanudación del crecimiento vegetativo, logrando hasta el doble de longitud que en los arboles descargados posteriormente.

2.5.2 Desarrollo reproductivo

2.5.2.1 Fases de la floración

Según la terminología adoptada por el Diccionario de Ciencias Hortícolas (SECH, 1999; citado por Dos Santos, 2000), el desarrollo reproductivo comprende tres fases:

- Inducción (determinación) floral: Proceso de cambio fisiológico interno en el meristemo apical de una yema, que determina su naturaleza floral. La inducción floral es previa a cualquier cambio morfológico en la yema.
- Iniciación floral: Primera modificación morfológica o histoquímica discernible en el meristemo, que evidencia el cambio irreversible de la yema correspondiente a la condición floral.
- Diferenciación floral: Proceso de cambio morfológico en una yema de flor caracterizado por la formación de la estructura floral.

2.5.2.2 Inducción floral

También conocida como evocación floral. Hay tres hipótesis fisiológicas para explicar la inducción floral (Bernier et al., 1993; Martínez-Zapater y Salinas, 1996; citados por Dos Santos, 2000):

- Hipótesis del **florígeno/antiflorígeno**, en la cual el promotor y el inhibidor de la inducción floral es una hormona simple, sencilla y universal, que sigue sin ser aislada e identificada.
- Hipótesis **nutricional**, en la cual la inducción floral sería consecuencia de la modificación de la relación fuente-sumidero dentro de la planta, de forma que el

ápice recibiría un mayor suplemento de asimilados, cuando se dan condiciones inductoras;

- Hipótesis del control **multifactorial**, en la cual varios compuestos químicos (asimilados y hormonas conocidas) participan en la inducción floral. La variación genética o las condiciones en que ha ocurrido u ocurre el desarrollo pueden determinar que alguno de los factores implicados en la inducción floral se convierta en un factor limitante en algunas especies o bajo determinadas condiciones.

Agustí (2010) también señala que la inducción floral tiene que ver con variaciones en la distribución de nutrientes. Sin embargo, indica que se ha mencionado una regulación hormonal pero que no se conoce ninguna sustancia química para este fin. Concepto muy similar a la hipótesis del control multifactorial.

La transición del estado vegetativo al reproductivo de los meristemas del brote puede considerarse como la fase básica y más importante del proceso reproductivo en todas las especies de frutales. La fecha exacta de la inducción floral en olivo es aún materia de ciertas controversias. Inicialmente, varios investigadores reportaron que la inducción floral ocurría cerca de dos meses antes de la floración, es decir en invierno. De esta manera entonces, los eventos que determinan la evocación floral serían dependientes de la temperatura (frío invernal) (Badr y Hartmann, 1971; Hackett y Hartmann, 1967; Hartmann y Whisler, 1975). Luego Pinney y Polito (1990) demostraron que la iniciación floral en olivo ocurre a mediados de otoño en California, bastante antes de la presencia de frío de invierno. Al parecer las bajas temperaturas no serían necesarias para la inducción sino sólo para promover el brotamiento de yemas que fueron previamente iniciadas en un momento coincidente con el endurecimiento del endocarpio (Rallo y Martin, 1991; Fernández –Escobar et al., 1992). Otras investigaciones indican más específicamente que la inducción tendría lugar a mediados de verano (Sotomayor, 2002a). Por otro lado, Castillo-Llanque *et al.* (s.f.) mencionan la hipótesis de la existencia de dos periodos de inducción floral: uno que es en verano, y el otro sería antes o al inicio de invierno.

2.5.2.3 Diferenciación floral

Esta etapa ocurre de manera secuencial, sin que haya pausas, hasta llegar a floración, siendo el orden de diferenciación de las estructuras de la flor del exterior al interior: primero los sépalos, luego los pétalos, estambres y finalmente el pistilo. (Rallo, 1994; Lavee et al., 1996a).

Existen muchos factores que determinan el inicio y la duración de la diferenciación floral, teniéndose como principal factor la temperatura, antes y durante este proceso; o sea, en invierno previo y primavera temprana. Otro factor importante es la disponibilidad hídrica (Bonofiglio et al., 2008; Rojo, 2014; Oteros et al., 2013). Rallo et al. (1994) mencionan que es necesario temperaturas por encima de 10°C para que las yemas florales inicien su crecimiento, pero Orlandi et al. (2005) y Orlandi et al. (2010) encontraron que las temperaturas umbrales (temperaturas que por encima de ellas ocurre una óptima diferenciación floral) no son constantes, obteniendo diferentes umbrales según el cultivar y las condiciones microclimáticas de las zonas donde los olivos se desarrollaron. Por otro lado, Hackett y Hartmann (1964), Rallo y Martin (1991), Dos Santos (2000) mencionan que la hoja también influye en el desarrollo de la inflorescencia; ya que la defoliación en distintas épocas entre mediados de otoño y fines de invierno sobre ramos de árboles “off” (de baja producción) produce diferentes porcentajes de yemas florales en primavera (año “on”).

Según Hartmann (1951), en California-EEUU, el inicio de la diferenciación floral es en el mes de marzo, ocho semanas antes de plena floración; por otro lado, Escobar (1981) menciona que en Chile ocurre a mediados de julio, pudiéndose retrasar aproximadamente 15 días o más.

2.5.2.4 Floración, polinización y fecundación

La fecha de plena floración depende de la variedad y de las condiciones climáticas previas a esta, principalmente la temperatura, que puede atrasarla o adelantarla (Rallo, 1994); más aún, de acuerdo con el contexto actual, se sabe que la elevación de la temperatura debido al calentamiento global ha alterado la fecha de plena floración en algunas zonas del mediterráneo, adelantándola (De Melo-Abreu et al., 2004; El Yaacoubi et al., 2014). Pese a la variabilidad de la fecha en que ocurre este

suceso tanto en tiempo como en espacio, se han ensayado modelos de predicción muy precisos para hallar el inicio y duración de esta fase fenológica (Rojo, 2014). Es notable la importancia de determinar la fecha de plena floración; respecto a esto Gómez del Campo y Rapoport (2008) mencionan el ocho de Mayo como fecha promedio de plena floración, en España. También anotan entre 8 y 13 días la duración de este proceso. Datos más cercanos a nuestra zona de estudio fueron hallados por Escobar (1981) y Sotomayor (2002a), ambos estudios realizados en Arica-Chile; estos revelan que la plena floración ocurre entre fines de setiembre e inicios de octubre.

Luego de ocurrida la antesis (apertura floral) inicia el proceso de polinización (transporte de polen desde la antera hasta el estigma), que para el olivo se realiza a través del viento, anemofilia (Rallo, 1994; Guerrero, 2000; Gómez del Campo y Rapoport, 2008). Aunque aún hay controversia sobre la compatibilidad polen-pistilo, tradicionalmente se dice que el Olivo es parcialmente incompatible, ya que los estudios hechos respecto a la polinización cruzada y autopolinización son muy variables, hallando resultados diferentes según las variedades y las distintas zonas evaluadas (Gómez del Campo y Rapoport, 2008). Algunos cultivares son autoestériles en un país o región y fértiles en otras, y viceversa (Morettini y Benetti, 1942; Morettini y vallegi, 1940; Gerarduzzi, 1958, citados por Lavee et al., 1996a). Sin embargo, Rallo y Cuevas (2008) siguen que el olivo es una especie preferentemente alógama, o sea, favorece la polinización cruzada; teniéndose así que el cuajado de frutos es mayor en polinización cruzada que en autopolinización (Castillo-Llanque, 2003; Navarro-Ainza y López-Carbajal, 2013).

Una vez llegado al estigma, el polen germina e inicia el crecimiento del tubo polínico, el cual se moviliza por el estilo hasta llegar al saco embrionario, durando aproximadamente entre uno a tres días. Este evento es muy sensible a factores ambientales, tales así que las lluvias (menos distribución del polen y viabilidad de este) y vientos secos (desección del estigma e inhibición del crecimiento del tubo polínico) pueden ser perjudiciales (Lavee et al., 1996a); otro factor importante es la temperatura, por lo que se ha determinado que a 25 °C el crecimiento del tubo polínico es muy óptimo.

Seguidamente de la llegada del tubo polínico al saco embrionario, se insertan las dos células espermáticas para que tenga lugar la doble fecundación: una fecunda a la

ovocélula y la otra a los dos núcleos polares, generándose el cigoto (diploide) y el endospermo (triploide), respectivamente (Gómez del Campo y Rapoport, 2008; Cuevas et al., 1994b). Una vez que un óvulo queda fecundado, este empieza a desarrollarse; los 3 óvulos restantes abortan y terminan degenerándose (Rallo, 1994).

Luego del proceso de polinización y fecundación acontece la caída de órganos florales. La mayor caída de flores tiene lugar 15 días después de plena floración (DDPF). Ocho días después de la misma están fertilizados aproximadamente el 20% de los ovarios existentes, antes de 18 días, esta cifra llega al 60%. Ya a los 25 días el número de frutos se estabiliza, luego de ocurrida la caída fisiológica de frutos. Más específicamente, se halló que la caída de flores imperfectas tiene su pico a los 8 DDPF, prolongándose hasta 15 DDPF; mientras que la caída de flores perfectas se prolonga hasta 25 DDPF, ocurriendo la mayor caída entre 13 y 15 DDPF (Rapoport y Rallo, 1991a, 1991b).

2.5.2.5 Cuajado y abscisión de frutos

El cuajado es el proceso de transición del ovario de la flor a fruto en desarrollo (Gómez del Campo y Rapoport, 2008; Agustí, 2010).

Normalmente solo uno de los cuatro primordios seminales del ovario es fecundado e inicia su crecimiento. Los demás terminan abortando. En el transcurso del primordio seminal a semilla, el endospermo es la parte que primero crece. El cigoto permanece, por su parte, en una especie de latencia. Su transformación tiene lugar algunas semanas más tarde, cuando ya la futura semilla ha alcanzado cierto tamaño. La demanda de asimilados determinada por el comienzo del crecimiento de los frutitos origina una acusada competencia entre los mismos y con los ovarios de las flores sin fecundar, lo que se traduce en una masiva caída o abscisión de ovarios y jóvenes frutos. El periodo de abscisión inicia tan pronto crecen los primeros frutos y se prolonga hasta unas 6-8 semanas después de la floración. En este periodo se llegan a caer un 96-99 % de las flores para años de elevada floración y buena cosecha. Luego de esta etapa, no se ven más caídas, salvo por causas accidentales o patológicas (Rallo, 1994; Rallo y Cuevas, 2008). Respecto a la zona de abscisión, Castillo-Llanque y Rapoport (2009) hallaron que el mayor porcentaje de desprendimiento sucede entre el fruto y el pedicelo; no obstante, esto podría cambiar de acuerdo a la variedad.

El cuajado de frutos es del 1% al 3% de las flores, caracterizando al olivo su elevado aborto (Escobar, 1981; Fontanazza et al., 1996; Troncoso et al., 2012); este porcentaje se ve influido por la carga del árbol, siendo menor en años de carga, y mayor en años de descarga (Lavee, 2007).

2.5.2.6 Crecimiento y desarrollo del fruto

El fruto se forma durante el verano y madura durante el otoño, ajustando su crecimiento a una doble sigmoide, característica que por lo demás es común para todas las drupas (Lavee et al., 1996a; Escobar, 1981; Rallo, 1994).

Según Gómez del Campo y Rapoport (2008), a partir del cuajado, el crecimiento de la aceituna transcurre en cuatro fases. En la fase I de crecimiento exponencial se produce división y multiplicación celular, incrementándose tanto el tamaño del hueso (endocarpo) como de la pulpa (mesocarpo). En la fase II el crecimiento del fruto se desacelera y tiene lugar el endurecimiento del hueso y el desarrollo del embrión. En esta etapa tendría lugar también el proceso de inducción floral en yemas (Rallo, 1994). Ambas fases anteriores requieren de un abastecimiento hídrico adecuado, ya que ante un régimen de estrés hídrico en estas etapas podría reducir el tamaño final de fruto (Rapoport y Costagli, 2004). En la fase III el crecimiento exponencial se debe principalmente la expansión de las células de la pulpa acompañado por la acumulación de ácidos grasos en ellas, y al incremento de espacios celulares (Rallo-Morillo, 1994; Manrique et al., 1999; citados por Gómez del campo y Rapoport, 2008). Respecto a la acumulación de ácidos grasos, el inicio de la síntesis de aceite es 45 días después de plena floración, haciéndose más intensa entre los 60 y 120 días después de plena floración y, al parecer, su acumulación culmina con el inicio de la maduración (Tombesi, 1994; Rallo, 1994). La segunda y última parada de crecimiento, fase IV, coincide con el pintado de la aceituna y descomposición de las membranas de las células de la pulpa.

Como se mencionó anteriormente, la producción olivícola en Tacna y el Perú tiene como principal destino a la aceituna de mesa, por lo cual, el tamaño del fruto es el principal factor de calidad. Sin embargo, el objetivo comercial de producir frutos grandes, de buen calibre es fuertemente afectado por la carga del árbol pues existe una relación negativa entre el número de frutos por árbol y el peso de los frutos, es decir

que en árboles cargados los frutos tienden a ser más pequeños, no alcanzando su tamaño ideal para el mercado (Rallo, 1994; Lavee, 2007).

2.5.2.7 Endurecimiento del endocarpo

El endurecimiento del hueso o carozo se refiere a la esclerificación de las células del endocarpo, el cual es un proceso gradual, donde se acumulan capas de paredes celulares secundarias de lignina y otras sustancias similares hasta que el interior de la célula desaparece. En un inicio la esclerificación es dispersa, posteriormente se hace masiva (Gómez del Campo y Rapoport, 2008; Rallo y Cuevas, 2008). La forma más usada para medir este proceso es la presión requerida para cortar el fruto, por lo cual, en base a esto, Rapoport et al. (2013) mencionan que la presión de endurecimiento del hueso se incrementa siguiendo una sigmoide, inicialmente es gradual pero luego tiene un gran incremento en un corto periodo. Este rápido incremento de presión, o sea mayor resistencia al corte, coincide cuando el diámetro longitudinal y transversal del endocarpo han alcanzado su máximo valor, o sea, cuando la semilla deja de crecer.

El momento del endurecimiento del endocarpo es muy variable entre zonas y variedades (Gómez del Campo y Rapoport, 2008), ya que está influenciado por factores genéticos y manejo del cultivo; sin embargo determinar este periodo es importante, ya que se dice que es cuando ocurre la inducción floral (Rallo y Martin, 1991). Además, esta etapa es muy usada como un marcador en el manejo de los cultivos (Rapoport et al. (2013).

2.5.2.8 Maduración del fruto

Agustí (2010) define la maduración como el conjunto de cambios externos, de sabor y de textura que un fruto experimenta cuando completa su crecimiento. Se incluye el cambio de color del pericarpo. Este mismo autor define a la aceituna como un fruto no climatérico.

Es difícil definir la maduración de la aceituna, ya que no se dispone de criterios objetivos. Lo que si plantean es que el inicio de maduración es cuando el contenido de clorofila de los tejidos del fruto empieza a disminuir, comenzando la acumulación de antocianinas, primero en el extremo distal como en la proximal del fruto, que le dan la coloración oscura, intensificándose con el tiempo. Por otro lado, Tanto el tamaño del fruto como el tiempo de maduración están en función de la carga de frutos, en cualquier

condición, teniéndose que en árboles en carga el proceso de maduración se prolonga (Lavee et al., 1996a; Lavee, 2007). El periodo de Maduración ha sido estudiado, es así que se ha determinado que el fin del enverado del fruto de olivo (aparición del color violeta en la mayoría de aceitunas de árbol) de 130 variedades en Córdoba-España oscila entre el 30 de Octubre y 25 de Noviembre (Barranco et al., 1998).

2.6 VECERÍA DEL OLIVO

El Diccionario de Ciencias Hortícolas (SECH, 1998; citado por Ramírez, 2001) define la vecería como “fenómeno que acontece en algunas plantas perennes caracterizado por una producción alternante, con años de alta cosecha separados por años de cosecha muy baja o aún sin cosecha”. Para Wright (1989; citado por Ramírez, 2001) este acontecimiento es asumido como un mecanismo de supervivencia y perpetuación de las especies en el tiempo, mediante la estrategia de formar el mayor número de semillas en el año de carga y acumular sustancias de reserva en el año de descarga. Siendo el olivo un árbol perenne también padece de este evento, el cual es muy marcado, tales así que se puede tener producción solo en años alternos (Lavee et al., 1996; Rallo y Cuevas, 2008). Por lo general, en años “on” (alta producción) : los frutos tienden a ser pequeños (de menor calidad para mesa), la maduración se retarda, se crean problemas de sobrepeso en las ramas que contienen los frutos, muchas veces causando rupturas (Lavee, 2007), disminuye drásticamente el desarrollo vegetativo (Escobar, 1989, Beyá y Fichet 2015, Castillo-Llanque y Rapoport, 2011), y ocurre un desequilibrio nutricional y bioquímico en el árbol (Troncoso et al., 2012); en los años “off”(baja o nula producción) : el desarrollo vegetativo es abundante, y se restablece el equilibrio alterado por la carga frutal precedente (Monselise y Goldschmidt, 1982; Castillo-Llanque y Rapoport, 2011; Troncoso et al., 2012).

El añerismo o vecería no es solo un evento que varía en tiempo, también varía en espacio; encontrándose en un mismo valle o zona agrícola distintos grados de alternancia; más aún, también puede ocurrir dentro de un mismo árbol, presentándose ramas con mucha carga frutal y otras sin frutos. Las causas del desarrollo gradual de la alternancia según Lavee (2007) dentro de un árbol son de tipo endógenas, mientras que la sincronización del añerismo de una zona, distrito, o valle es inducida principalmente por factores medioambientales externos.

Siendo la alternancia de producción un problema trascendente, se ha trabajado en poder disminuir el efecto de este. Una de las alternativas más difundidas es la aplicación foliar de ácido naftalenacético, el cual ha resultado provechoso, no solo respecto al añerismo, sino también en la mejora de la calidad para aceituna de mesa (Dag et al., 2009; Barone et al., 2014).

2.6.1 Posibles causas de la vecería del olivo

2.6.1.1 Ciclo bienal

Tanto el crecimiento de brotes como el desarrollo de frutos son fenómenos cíclicos en el olivo. Ambos se repiten con carácter anual, pero mientras el crecimiento de brotes se completa dentro del mismo año, con uno o más flujos, los procesos que conducen a la fructificación por lo general requieren dos estaciones consecutivas. En un año genérico n , sin producción, se origina una elevada inducción floral. Al año siguiente, $n+1$, la inducción floral es mucho menor por efecto de la presencia de frutos. Así, la simultaneidad entre procesos vegetativos y reproductores del mismo año y entre procesos de dos ciclos reproductores consecutivos origina fenómenos de competencia e inhibición. Competencia entre frutos y brotes, prevaleciendo el crecimiento y desarrollo de frutos, antes que el de brotes (Rallo y Cuevas, 2008).

Dag et al. (2010) señalan que el principal factor determinante de alternancia de producción es la disminución de sitios de floración, debido a un insuficiente o inmaduro crecimiento de brotes durante el año de carga.

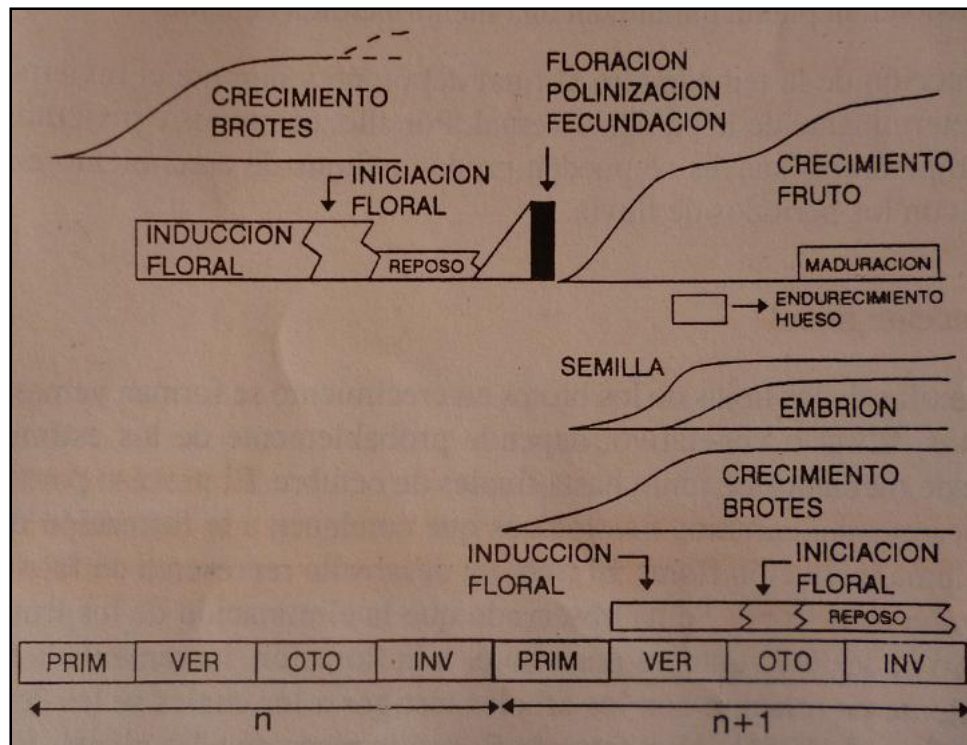


Figura 3: Ciclo bienal del olivo (Rallo 1994).

2.6.1.2 Inhibición de la inducción floral

Cabe resaltar que este comportamiento está principalmente señalado para años de alta producción (año “on”). Se considera que el momento de inducción floral es en el verano, en la cual las yemas adquieren la capacidad de poder desarrollarse floralmente. Es también en verano, coincidentemente, que ocurre el desarrollo de frutos, y en ellos la semilla que se cree genera compuestos orgánicos (hormonas) capaces de inhibir la inducción floral, disminuyendo o anulando la floración de la próxima campaña. La inhibición de la inducción floral por parte de la semilla es considerada como una causa endógena de la vecería (Rallo y Martín, 1991; Fernández-Escobar *et al.*, 1992; Rallo, 1994; Lavee, 2007).

2.7 HORAS FRIO

Las horas de frío han sido consideradas como el factor inductor de yemas a un estado reproductivo (Badr y Hartmann, 1971; Hackett y Hartmann, 1967; Hartmann y Whisler, 1975); sin embargo más adelante este concepto sería refutado, sugiriéndose que el frío invernal es necesario para la superación de la endolatenia de yemas florales, no siendo causante de la inducción floral (Pinney y Polito, 1990; Rallo y Martín, 1991; Rallo et al., 1994). A pesar de los estudios realizados, aún no se tiene muy claro el rol del frío en la inducción floral (Lavee et al., 1996a), pero sí que es necesario para la diferenciación de las yemas florales (Dos Santos, 2000).

Se ha encontrado cultivares con distintos requerimientos de frío para que se lleve a cabo el despertar de las yemas florales (budbreak), donde se utilizan métodos de cuantía de frío que aún son causa de prueba, de ensayo, para su empleo en diferentes zonas (Mormeneo, sf; Sotomayor, 2002a; De Melo-abreu, 2004, Orlandi et al., 2004) . Se podría asumir la necesidad inherente del frío para los procesos de desarrollo reproductivo, sin embargo se ha encontrado por ejemplo que el cultivar arbequina no requiere frío para que las yemas florales se expresen (Malik y Bradford, 2005).

Estudios realizados mencionan que las yemas de olivo mantienen distintos tipos de latencia debido al estado de carga que presentan. Es así que las yemas desarrolladas en árboles en descarga, luego de su formación (en primavera principalmente), en verano presentan paralatenia, debido al efecto de las hojas; posteriormente, en otoño entran progresivamente en endolatenia, siendo necesario la acumulación de frío para superar este estado e iniciar el despertar de yemas reproductivas. Las yemas de árboles en carga presentan paralatenia, las hojas no permiten que las yemas desarrollen vegetativamente (Dos Santos, 2000). Entonces se podría decir que las necesidades de frío solo son válidas para yemas formadas en un año de descarga.

2.8 FENOLOGÍA

Existen muchas definiciones de fenología, y en olivo generalmente incluyen el estudio de la evolución de yemas reproductivas (Agustí, 2010; Gil-Albert, 1989) excluyendo la evolución vegetativa. Pero una definición más completa es la planteada por Schwartz (1999, citado por Oteros, 2014) que define fenología como la “ciencia que comprende el estudio y la observación de los estadios de desarrollo reproductor y vegetativo de las plantas y animales en relación con los parámetros ambientales”. Estos estudios son útiles para los siguientes fines (Gil-Albert 1989):

- Proporcionar datos sobre la biología floral de las distintas especies frutales y poder comparar y estudiar el comportamiento de una o varias variedades en su medio de cultivo, o por analogía en diferentes zonas fruteras y a lo largo de varios años.
- Facilitar datos de tipo ecológico sobre el desarrollo de los botones florales del árbol y la influencia de los factores ambientales.
- Contribuir a la mejora de las técnicas de cultivo (aclareo de frutos, nutrición, control de malas hierbas, etc.).
- Intervenir en el momento oportuno contra los diversos parásitos, en colaboración posible con las Estaciones de Avisos Agrícolas, para efectuar el tratamiento en un estado próximo al desarrollo de una yema.
- Detectar posibles anomalías de carácter fisiológico o virótico.

Para poder hacer un estudio fenológico es necesario tomar en cuenta muchos factores, entre ellos la elección de la escala a usar. Respecto a esto hay varios autores que han trabajado en elaborarlas para olivo: Gil-Albert (1989), De Andrés (1974; citado por Sanz-Cortés et al., 2002), y Sanz-Cortés et al. (2002). Una vez elegida la escala, se debe de tener cuidado en mantener las condiciones y formas planteadas por esta, ya que podría obtenerse resultados discordantes (Sotomayor, 2002a).

No se tienen muchos antecedentes sobre el estudio de fenología publicados en olivo para condiciones de Tacna, salvo un cuadro fenológico hecho por Sucso (2006), de carácter pragmático. Por otro lado, Sotomayor (2002a y 2002b) y Escobar (1981) realizaron estudios fenológicos de olivo var. Azapa en la zona de Arica-Chile. El

estudio hecho por Sotomayor es de relevancia ya que el cultivar es sinonimia de la var. Sevillana que se tiene en Tacna (Casilla, 2004); además que el lugar es muy cercano.

2.9 ESCALA EXTENDIDA BBCH

Hack et al. (1992; citado por Meier, 2001), establece que la escala extendida BBCH es un sistema para la codificación uniforme de identificación fenológica de estadios de crecimiento para todas las especies de plantas mono-y dicotiledóneas. El código decimal se conforma principalmente entre los estadios de crecimiento principales y secundarios y está basado en el código desarrollado por Zadoks et al. (1974; citado por Meier, 2001) con la intención de darle un mayor uso a las claves fenológicas.

La escala BBCH ha sido aceptada ampliamente en los últimos años y se encuentra ya con su adaptación en cereales, leguminosas, hortalizas diversas, vid, frutales de hueso, pepita, cítricos y otras especies frutícolas; incluido el Olivo (Agustí, 2010). Esta escala es ahora el sistema oficialmente aceptado por la Organización de la Protección Vegetal Europea (EPPO) para describir los estados de crecimiento de un amplio rango de cultivos y malezas (Arenas, 2012).

2.9.1 Principios básicos de la escala

Estos principios fueron planteados por Hack *et al.* (1992; citado por Meier, 2001), que establecen lo siguiente:

- La escala general es la base para todas las especies, elaborándose las escalas individuales a partir de ella. La escala general puede ser aplicada en aquellas especies para las cuales no existe una escala individual.
- El mismo estadio fenológico de las diversas especies deberá tener el mismo código.
- Para cada código, la descripción es conocida, y para algunos importantes estadios, se incluyen dibujos.
- Para la descripción de los estadios fenológicos de desarrollo, se utilizaron características externas claramente reconocibles.

- Como regla, solamente se tomará en consideración el desarrollo del tallo principal.
- La evaluación se hace individualmente con base en algunas plantas representativas del conjunto de la especie.
- Para indicar los tamaños específicos de las especies y/o variedades durante su desarrollo, se usan los tamaños relativos en relación con los tamaños finales a esperar.
- Los estadios secundarios 0 a 9 corresponden al relativo numero ordinal o valor porcentual. Por ejemplo el estadio 3 puede representar: 3ra hoja verdadera, tener brote, tener nudo, 30% de la longitud final típica de la especie o 30% de las flores abiertas.
- Tratamientos de post-cosecha o almacenamiento se incluyen bajo el código 99.
- Tratamientos de la semilla anteriores a la siembra se ubican bajo el código 00.

2.10 VARIEDAD SEVILLANA

Según Barranco (2008), es conocida internacionalmente con la denominación “Sevillano”. Es un cultivar vigoroso apreciado fundamentalmente por el tamaño de sus frutos que alcanzan un peso medio de 12,5 gramos (variedad de mesa), siendo uno de los más grandes junto con los frutos de la variedad “Ascolana”; tiene una relación pulpa/hueso de 7.3, porcentaje de aceite 14.5 %, y 71.5 % de ácido oleico (Barranco y Rallo, 2000; Gil, 2012). Rallo (1994) menciona que este cultivar es proclive a desarrollar frutos partenocarpicos; pero Castillo-Llanque (2003) encontró que en condiciones de La Yarada no es así, forma frutos normales. Su capacidad en enraizamiento es muy baja por lo que comercialmente se propaga por injerto. Se considera tolerante al frio invernal. Su productividad es variable, pues presenta problemas de cuajado que, a veces, mejoran con una buena polinización. El contenido de aceite de sus frutos es muy bajo.

La variedad sevillana posee denominaciones distintas según la zona en donde se ha desarrollado; entonces podemos encontrar: en Tacna: “Criolla” ó “Tacneña”, en Ilo-Moquegua: “Ileña”, en Argentina: “Arauco”, en Chile: “Azapa”, y en España: “Gordal”

o “Sevillano” (Casilla, 2004). Actualmente “Arauco” y “Azapa” cuentan con denominación de origen, ya que son considerados ecotipos distintos a la variedad Sevillana presente en el Mediterráneo (Sandoval; comunicación personal).

Alfárez y Robles (2007), hicieron un estudio descriptivo-morfológico de la variedad Sevillana en irrigación La Yarada (anexo 5). Huatuco (2001) también realizó un estudio similar, además de hacerlo en Tacna incluyó a Moquegua.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 DATOS DE CAMPO

La parcela donde se condujo el experimento está ubicada en la Cooperativa 28 de Agosto, de coordenadas 18°09'39.92"S y 70°27'58.53"O (Google Earth, 2016); perteneciente a la Irrigación La Yarada, distrito La Yarada-Los Palos, provincia y departamento de Tacna. Los árboles de olivo conducidos en forma de vaso, son de la variedad Sevillana de 20 años de edad, plantados a un distanciamiento de 8 x 8. El riego es por gravedad, con una frecuencia de aplicación de 8 días.

De todos los árboles de la parcela, se seleccionaron para el estudio aquellos que mostraban evidencias uniformes y bien marcadas de estar empezando un año productivo o “año de carga” (año “on”) y sin síntomas de problemas sanitarios, especialmente de la enfermedad conocida como “hoja de hoz” (aún no se conoce el agente causal, pero se acerca a un virus o viroide). Generalmente estos árboles presentan gran porcentaje de brotes que crecieron la primavera previa. Los árboles seleccionados fueron 12 y todos mostraban además un desarrollo de copa en altura, diámetro y vigor similares. Se usó referencias de metodologías usadas en artículos de fenología en palto (Calvert, 1993; Rocha et al., 2011; Rosales et al., 2003). Las evaluaciones empezaron en julio del 2013 y culminaron en setiembre del 2014.

3.2 METODOLOGÍA

3.2.1 Escala BBCH para Olivo

El estudio de fenología del olivo en este trabajo se basó en la escala BBCH adaptada para el olivo por Sanz-Cortés et al. (2002), siguiendo detalladamente sus descripciones.

Cuadro 2. BBCH-Descripción de las fases fenológicas del olivo (*Olea europea* L.) Sanz-Cortés et al. (2002).

Código	Descripción
Estadio Principal 0: Desarrollo De Las Yemas Vegetativas	
00	Las yemas foliares, situadas normalmente en el ápice de los brotes del año anterior, están completamente cerradas y son puntiagudas, sin pedúnculo y de color ocre.
01	Las yemas foliares comienzan a hincharse y se entreabren, dejando ver los nuevos primordios foliares.
03	Las yemas foliares se alargan y se separan de la base.
07	Las hojitas exteriores siguen abriéndose sin separarse del todo, permaneciendo unidos los extremos apicales.
09	Las hojitas exteriores siguen separándose y las puntas se entrecruzan.
Estadio Principal 1: Desarrollo de Hojas	
11	Las primeras hojas se separan del todo, tienen un color gris verdoso.
15	Se separan más las hojas pero sin alcanzar su tamaño final. Las primeras hojas adquieren una tonalidad verdosa en el haz.
19	Las hojas alcanzan el tamaño y forma característicos de la variedad.
Estadio Principal 3: Desarrollo de Brotes	
31	Los brotes alcanzan el 10 % de su tamaño final.
33	Los brotes alcanzan el 30 % de su tamaño final.
37	Los brotes alcanzan el 70 % de su tamaño final.
Estadio Principal 5: Desarrollo de Inflorescencias	
50	Las yemas florales, situadas normalmente en las axilas de las hojas, están completamente cerradas y son puntiagudas, sin pedúnculo y con brácteas de color ocre.
51	Las yemas florales comienzan a hincharse y se separan de la base mediante un pedúnculo.
53	Las yemas florales se abren: empieza el desarrollo del racimo floral.
54	Los brazos del racimo floral comienzan a alargarse.
55	Racimo floral totalmente expandido, los botones florales empiezan a abrirse.

57	La corola, de color verde, es mayor que el cáliz.
59	La corola cambia de color verde al blanco.
Estadio Principal 6: Floración	
60	Apertura de las primeras flores.
61	Comienzo de la floración: alrededor del 10% de las flores están abiertas.
65	Plena floración: al menos el 50 % de las flores están abiertas.
67	Comienza la caída de pétalos blancos.
68	La mayoría de los pétalos han caído o están muertos.
69	Fin de la floración, cuajado del fruto y caída de ovarios no fecundados.
Estadio Principal 7: Desarrollo del Fruto	
71	Tamaño de los frutos alrededor de 10 % de su tamaño final.
75	Tamaño de los frutos alrededor del 50 % de su tamaño final. Empieza a lignificarse el hueso (presenta resistencia al corte).
79	Tamaño de los frutos alrededor del 90 % de su tamaño final. (Fruto apto para el verdeo.
Estadio Principal 8: Maduración del Fruto	
80	El color verde intenso de los frutos se vuelve verde claro, amarillento.
81	Comienzo de la coloración de los frutos.
85	Aumenta la coloración específica de los frutos.
89	Los frutos adquieren el color característico de la variedad, permaneciendo turgentes. Frutos aptos para la extracción de aceite.
Estadio Principal 9: Senescencia	
92	Los frutos pierden su turgencia y empiezan a caer.

3.2.2 Determinación de tendencia de ramos

Para la evaluación fenológica de yemas reproductivas y vegetativas, se han usado dos tipos de ramos: “ramo con tendencia vegetativa” y “ramo con tendencia reproductiva”; ambas denominaciones serán definidas a continuación:

Los ramos con tendencia reproductiva son aquellos brotes desarrollados en la primavera previa (brote de un año) en la cual la mayoría de sus yemas laterales formaron una inflorescencia, dejando pocas yemas sin desarrollar (dormantes) o que desarrollaron vegetativamente. En el cuadro 3 se puede notar que solo 5 de 27 yemas laterales (el número total de yemas laterales es el doble del número de nudos) no formaron una inflorescencia; por lo tanto cerca del 80% de yemas laterales formaron una inflorescencia. Por otro lado, estos ramos cuentan con una longitud promedio de 30 cm.

Los ramos con tendencia vegetativa son aquellos brotes desarrollados la primavera previa (brote de un año) en la cual la mayoría de yemas laterales no formaron una inflorescencia, se mantuvieron dormantes o desarrollaron vegetativamente. En el cuadro 3 se observa que 27 de las 38 yemas laterales no formaron una inflorescencia, por lo tanto solo el 29% de yemas laterales formaron una inflorescencia. La longitud promedio de estos ramos fue 68 cm.

Cuadro 3. Caracterización de ramos evaluados. Datos promedio de ramos seleccionados en diciembre del 2013, cuando todas las yemas reproductivas ya habían desarrollado. La longitud promedio de brotes no incluye el crecimiento de la campaña estudiada.

RAMO	LONGITUD (cm)	# NUDOS	# YEMAS LATERALES	# YEMAS LATERALES NO REPRODUCTIVAS	# YEMAS LATERALES REPRODUCTIVAS	% YEMAS LATERALES REPRODUCTIVAS
TENDENCIA REPRODUCTIVA	30.73	13.84	27.68	5.75	21.93	79.23
TENDENCIA VEGETATIVA	68.04	19.08	38.16	27.15	11.01	28.86

3.2.3 Desarrollo floral

En cada árbol experimental se escogieron 8 ramos con tendencia reproductiva ubicados a una altura aproximada de 1.5-2.0 metros, 2 por cada punto cardinal (norte, oeste, este y sur). Esto hace un total general de 96 ramos marcados para este fin que fueron debidamente identificados, tal como se observa en la figura 4. En cada ramo escogido se evaluaron 2 yemas laterales, ubicadas aproximadamente en la zona media del ramo, las cuales fueron marcadas, ya que fueron usadas para este fin en todo el periodo de estudio que abarcó esta etapa fenológica. En total se evaluó el desarrollo floral en 192 yemas.



Figura 4: Ramos con tendencia reproductiva marcados con cinta roja.

Las evaluaciones empezaron en invierno, el 07 de julio del 2013, y por la brevedad de estos estados fenológicos se repitieron cada 4 días. El estado de desarrollo de las yemas florales fue determinado utilizando la escala BBCH, adaptada para esta etapa en el olivo (Sanz-Cortés, 2002) y descrita oportunamente, el cual incluye los estadios principales 5: “desarrollo de inflorescencia”; y 6: “floración” (ver cuadro 2).

Modificación de escala en el estadio principal 6: “Floración”

La escala BBCH considera 6 subestadios para el estadio principal “floración” (ver cuadro 2). El código 65 (plena floración) establece: “al menos el 50% de flores están abiertas”, y el siguiente, código 67, indica: “comienza la caída de pétalos blancos”. En las evaluaciones realizadas, posiblemente por las características particulares del clima y manejo del cultivo, la separación de estos dos subestadios no fue muy clara, ya que se encontró panículas con pétalos caídos y con menos de 50% de flores abiertas; si nos regimos a lo que dice la escala, habrían inflorescencias que estarían en el subestadio 67, sin haber pasado el subestadio 65. Por este motivo, uniando las manifestaciones externas de ambos subestadios se consideró un subestadio 65-67 que describe: *“al menos el 50% de flores estas abiertas y se inicia la caída de pétalos blancos”* (imágenes en el anexo 3).

En consecuencia, los nuevos subestadios utilizados para las evaluaciones del estadio principal “Floración” son:

Estadio Principal 6: Floración

- 60 Apertura de las primeras flores
- 61 Comienzo de la floración: alrededor del 10% de las flores están abiertas.
- 65 +67 Plena floración: al menos el 50 % de las flores están abiertas y se inicia la caída de pétalos blancos.
- 68 La mayoría de los pétalos han caído o están muertos.
- 69 Fin de la floración, cuajado del fruto y caída de ovarios no fecundados.

3.2.4 Desarrollo y crecimiento vegetativo

3.2.4.1 Desarrollo y crecimiento vegetativo en ramos con tendencia reproductiva

Se emplearon los mismos 96 ramos que fueron escogidos para la evaluación del desarrollo floral (ramos con tendencia reproductiva), pero en esta oportunidad las determinaciones se realizaron únicamente sobre la yema apical, considerando que esta se desarrollara preferentemente como un brote vegetativo. En total entonces se evaluaron 96 yemas apicales. La frecuencia de evaluación fue, al principio semanal, posteriormente el crecimiento vegetativo no fue constante por lo que las evaluaciones se cambiaron a quincenales. Las evaluaciones consistieron en anotar el estado fenológico de la yema apical en proceso de evolución vegetativa según la escala BBCH empleada, la cual incluye los estadios principales 0: “desarrollo de las yemas vegetativas”; 1: “desarrollo de hojas”; y 3: “desarrollo de brotes” (ver cuadro 2). Para la medición de la longitud del brote originado de la yema apical (desarrollo de brotes) se empleó una regla graduada, midiéndose desde la base del brote hasta el ápice de la nueva yema apical. Las yemas apicales fueron las mismas en todas las evaluaciones.

3.2.4.2 Desarrollo y crecimiento vegetativo en ramos con tendencia vegetativa

En cada uno de los doce árboles escogidos para evaluar el desarrollo floral, se seleccionó cuatro ramos con tendencia vegetativa, uno por cada punto cardinal (norte, este, oeste y sur). Estos ramos son muy escasos en un año de carga, como fue en este caso. En cada uno de los 48 ramos se evaluó el proceso de evolución vegetativa de la yema apical y una yema lateral. Para el caso de la yema lateral, estas fueron elegidas cuando presentaban un carácter vegetativo notable, procurando que estén ubicadas en el tercio medio y superior del ramo. Las evaluaciones consistieron en anotar el estado fenológico de las yemas en proceso de evolución vegetativa según la escala BBCH, la cual incluye los estadios principales 0: “desarrollo de las yemas vegetativas”; 1: “desarrollo de hojas”; y 3: “desarrollo de brotes” (ver cuadro 2). La longitud de los brotes originados de las yemas se midió con una regla graduada desde la base del brote hasta el ápice de la nueva yema apical.

A cada ramo con tendencia vegetativa seleccionado se le ató en la base una cinta azul (figura 5). Y las yemas laterales elegidas para seguir su brotación fueron también marcadas ya que fueron las mismas para todas las evaluaciones posteriores.



Figura 5: Ramo con tendencia vegetativa marcado con cinta azul.

3.2.4.3 Denominaciones usadas para yemas vegetativas

Los resultados obtenidos en el estudio fenológico de yemas vegetativas, tanto apicales como laterales, en ramos con tendencia reproductiva y ramos con tendencia vegetativa, se usa, entre otras, las denominaciones: “yema de brotación pasmada” y “yema de brotación típica”, las cuales es necesario definir:

Yema de brotación pasmada es una yema vegetativa que no desarrolló como un brote vegetativo normal, teniendo en cuenta los lineamientos planteados por la escala usada. Son brotes que por lo general detuvieron su crecimiento a inicios de este, mostrando características morfológicas poco claras e incompletas (ver anexo 7) . También hubieron muchos brotes que no desarrollaron normalmente pero que alcanzaron un tamaño considerable, entonces, se convino considerar crecimientos menores o iguales a 3 cm dentro de esta categoría.

Yema de brotación típica es una yema vegetativa que desarrollo como un brote vegetativo normal, que en su mayoría ha superado cada subestadio de los estadios principales correspondientes, concluyendo en un brote completo y bien formado, según la escala usada. También se consideran en esta categoría aquellas brotaciones que

tuvieron crecimientos mayores a 3 cm. El cuadro 4 resume el número de yemas de cada tipo evaluadas en cada tipo de ramo.

Cuadro 4: Distribución y número de yemas según el tipo de ramo perteneciente.

tipo de ramo	tipo yema	# de árboles(*)	# ramos/árbol	# yemas/ramo	# de yemas
ramo con tendencia reproductiva	apical-vegetativa	12	8	1	96
	lateral-reproductiva	12	8	2	192
ramo con tendencia vegetativa	apical-vegetativa	12	4	1	48
	lateral-vegetativa	12	4	1	48

(*) Los árboles son los mismos para todas las evaluaciones.

3.2.5 Crecimiento de frutos

Se eligió un fruto por cada ramo con tendencia reproductiva usado anteriormente para evaluaciones de floración una vez culminado el cuajado, que ocurre cuando la flor perdió todos sus pétalos o estos están completamente secos y se inició el crecimiento de los ovarios fecundados. En total se evaluó 98 frutos los cuales fueron marcados (ver figura 6) ya que fueron los mismos que se usaron a lo largo del periodo de estudio que abarcó esta etapa.



Figura 6: atadura con un hilo de lana en la zona basal del raquis.

Para todas las evaluaciones, en cada fruto se hicieron dos mediciones: a) ancho: tomado en la zona transversal más extensa del fruto; b) largo: medida longitudinal del fruto, se midió desde los extremos del fruto (anexo 06). Para ambos casos se utilizó un vernier (en milímetros). Ambas longitudes fueron usadas para hallar el volumen del fruto según la fórmula establecida por Mohsenin (1984; citado por El-Soaly, 2008).

$$V = (\pi/6) * L * D^2$$

Dónde:

V: Volumen teórico de fruto de olivo, mm³;

L: longitud de fruto de olivo, mm;

D: diámetro de fruto de olivo, mm;

Las evaluaciones fueron semanales y posteriormente quincenales.

Los volúmenes hallados en cada fecha de evaluación para cada fruto fueron transformados en porcentaje de crecimiento respecto al volumen final de cada fruto, respectivamente; ajustándose a lo indicado por la escala BBCH para este estado fenológico, estadio principal 7 “Desarrollo del fruto” (ver cuadro 2). Se trabajó con el volumen de frutos solo con la intención de relacionar las medidas de largo y ancho y poder anotar la evolución del crecimiento del fruto a lo largo del periodo de estudio.

3.2.5.1 Endurecimiento del hueso

Para medir el endurecimiento del hueso a través del tiempo, semanalmente se muestrearon al azar 48 frutos, tomados de ramos con tendencia reproductiva pero no de aquellos que fueron usados para las evaluaciones descritas anteriormente. Cuatro frutos por árbol. Frutos que fueron cortados horizontalmente por su parte media con una hoja de afeitar que se renovaba en cada evaluación. Se tomó en cuenta el grado de resistencia que ofrecía el fruto al corte; los grados fueron: a) sin resistencia al corte; b) resistencia media al corte; c) resistencia total al corte (no se podía cortar). Las mediciones se iniciaron tan pronto concluyó la caída fisiológica de frutos, cuando estos tenían aproximadamente 6 mm de diámetro.

3.2.6 Maduración de frutos

Se evaluó en los 96 frutos que se escogieron para evaluar su crecimiento. Las evaluaciones fenológicas se hicieron según la escala BBCH adaptada para olivo, que comprende el estadio principal 8 “maduración de fruto” (ver cuadro 2). La frecuencia de evaluación fue semanal, siendo quincenal en etapas finales.

Toda la producción estuvo destinada a la cosecha de aceituna en negra (madura), entonces, debido a que la maduración es escalonada en los años de carga se producen varias cosechas en la campaña; en este caso se realizaron tres. Este fraccionamiento originó a tomar ciertas consideraciones: para el subestadio 89, que indica que el fruto ha alcanzado la madurez, hasta en la última evaluación (setiembre del 2014) los frutos ya cosechados aún eran considerados dentro de este subestadio. Se decidió así para no alterar el porcentaje total de frutos, ya que la razón de este estudio es observar cuantos frutos ya habían logrado alcanzar este último subestadio.

En este estudio no se ha considerado el estadio principal 9: “Senescencia de frutos” (ver cuadro 2); ya que los frutos eran cosechados cuando estaban maduros, sin dejar que los frutos caigan o empiecen a deshidratarse producto de su sobre maduración en el árbol.

3.2.7 Procesamiento de datos

Todos los resultados fueron procesados en el programa Microsoft Excel 2010.

a) Gráficos de evolución fenológica. Todos los gráficos de evolución fenológica están basados en la escala fenológica BBCH adaptada para olivo. Cada gráfico corresponde a un estadio principal y muestra, para cada fecha de evaluación, el porcentaje de individuos contenidos en un subestadio; además, los gráficos inician en la fecha de evaluación que por primera vez por lo menos algún subestadio se mostró porcentualmente, culminando en la fecha que todos los subestadios habían terminado (porcentaje cero).

Algunos gráficos el eje vertical porcentual incluye valores menores a cero y/o mayores a cien. Esta extensión es solo para que las líneas halladas puedan notarse mejor en caso estén cerca a estos valores. La razón es únicamente mejorar la visualización del gráfico.

b) Gráficos de evolución fenológica de yemas vegetativas, en ellos no se consideraron yemas de brotación pasmada, ni yemas laterales de brotación típica sobre ramos con tendencia vegetativa; se trabajó solo con yemas apicales de brotación típica tanto para ramos con tendencia reproductiva como para ramos con tendencia vegetativa. Las yemas de brotación pasmada formaron brotes minúsculos, de desarrollo incompleto, y las yemas laterales de brotación típica eran muy pocos elementos; no siendo posible ni relevante, respectivamente, graficar su evolución.

c) Gráfico fenológico general. Al final de la parte de resultados se presenta un gráfico resumiendo el estudio fenológico realizado (figura 20). Para su elaboración solo se tomaron en cuenta los resultados obtenidos de los ramos con tendencia reproductiva, no así de los ramos con tendencia vegetativa. Esto se debe a que los ramos con tendencia vegetativa son muy escasos, no representando el comportamiento vegetativo del árbol que los contienen, en la campaña estudiada.

Este gráfico muestra la duración en el tiempo de cada subestadio fenológico. El inicio de cada subestadio es cuando el porcentaje de individuos supera el 5 % o cercano a este, u ocurre un claro acenso porcentual; el final es cuando el porcentaje de individuos es menor a 5%.

3.2.8 Datos meteorológicos

Cuadro 5: Datos meteorológicos de Temperatura y Humedad Relativa. La Yarada.

Mes-año	T máx.	T mín.	Prom.	HR
ene-13	27.3	17.9	22.5	85
feb-13	27.9	17.3	22.5	85
mar-13	27.0	16.4	21.6	85
abr-13	24.5	12.2	18.1	85
may-13	23.1	13.7	18.2	84
jun-13	20.3	12.0	16.0	85
jul-13	19.1	11.3	15.2	84
ago-13	19.4	13.4	16.0	84
sep-13	20.5	14.0	16.8	85
oct-13	21.2	14.5	17.9	84
nov-13	24.0	15.0	19.4	85
dic-13	26.7	15.9	21.5	86
ene-14	29.1	18.1	23.4	86
feb-14	26.9	14.7	20.7	86
mar-14	27.7	15.1	21.2	86
abr-14	25.2	17.1	20.5	86
may-14	23.6	14.5	18.9	86
jun-14	20.9	13.9	17.2	85
jul-14	19.0	13.0	15.5	84
ago-14	19.7	13.9	16.3	85
sep-14	20.2	14.9	16.9	85

Fuente: Temperatura: Biondi y Cia. (2015); Humedad Relativa: Senhami-Tacna (2015).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 DESARROLLO Y CRECIMIENTO VEGETATIVO

En esta parte se muestra el resultado del estudio realizado en yemas de desarrollo y crecimiento vegetativo.

4.1.1 Destino de yemas

Las yemas que fueron usadas para estudiar el crecimiento y desarrollo vegetativo (yema apical en ramos con tendencia reproductiva, y yema apical y yema lateral en ramos con tendencia vegetativa) tuvieron distintos finales. No todos fueron brotes normales. A continuación se muestra el destino que tuvieron.

4.1.1.1 Destino de yemas apicales sobre ramos con tendencia reproductiva

Cuadro 6. Destino de yemas apicales sobre ramos con tendencia reproductiva.

DESTINO	CANTIDAD	%
YEMAS CAIDAS	1	1.0
YEMAS FLORALES	10	10.4
YEMAS DE BROTAÇÃO PASMADA	58	60.4
YEMAS DE BROTAÇÃO TÍPICA	27	28.1
TOTAL	96	100.0

El cuadro 6 muestra el destino de cada yema apical sobre ramos con tendencia reproductiva luego de concluido el periodo de estudio.

- El 1% de yemas apicales cayeron.
- El 10.4% fueron yemas apicales que desarrollaron en inflorescencia.
- El 60.4% de yemas apicales fueron brotes pasmados.
- Finalmente, el 28.1 % fueron yemas que formaron un brote típico.

Las razones por la que una yema cayó pudieron ser variables: daño mecánico, daño de insectos, etc. Las inflorescencias apicales no son muy frecuentes en el olivo, pero, según Lavee et al. (1996a) en condiciones muy inductivas, como es el caso de la lignificación prematura de los brotes en otoño y un invierno húmedo frío, se puede dar el caso de inflorescencias terminales (apicales).



Figura 7: inflorescencia en formación, originada de una yema apical.

El alto porcentaje de yemas de brotación pasmada podría ser el reflejo del efecto de los frutos sobre el desarrollo vegetativo. Los frutos que están en formación acaparan la mayor parte de asimilados, en detrimento del desarrollo normal de las yemas vegetativas (en este caso apicales). Así, Lavee (2007) menciona que en árboles en carga los frutos inhiben el desarrollo vegetativo, dando como resultado la formación de brotes débiles. Para el caso de yemas de brotación típica, nuestros resultados coinciden con lo manifestado por Lavee et al. (1996a), quienes encontraron que en un año de carga, con una buena cosecha, el número y proporción de yemas en desarrollo vegetativo es bajo.

4.1.1.2 Destino de yemas apicales sobre ramos con tendencia vegetativa

Cuadro 7. Destino de yemas apicales sobre ramos con tendencia vegetativa.

DESTINO	CANTIDAD	%
YEMAS CAIDAS	0	0.0
YEMAS FLORALES	5	10.4
YEMAS DE BROTAÇÃO PASMADA	15	31.3
YEMAS DE BROTAÇÃO TÍPICA	28	58.3
TOTAL	48	100.0

El cuadro 7 muestra el destino de las yemas apicales sobre ramos con tendencia vegetativa luego del periodo de estudio.

- El 0% de yemas cayeron.
- El 10.4% fueron yemas que desarrollaron en una inflorescencia.
- El 31.3% de yemas apicales fueron yemas de brotación pasmada.
- Finalmente, el 58.3 % fueron yemas de brotación típica.

Como se puede observar, el 10.4% de yemas apicales desarrollaron en inflorescencias, lo cual como ya se anotó anteriormente, puede ocurrir en condiciones muy inductivas que pudieron presentarse en la campaña anterior. El 58% fueron yemas de brotación típica, lo cual indicaría que no hubo un efecto drástico de los frutos (se tuvo un 31.3 % de yemas de brotación pasmada), ya que en los ramos con tendencia vegetativa no había mucha presencia de frutos (solo el 30 % del total de yemas axilares desarrollaron floralmente; ver cuadro 3); por lo que los nutrientes no fueron exclusivos para el desarrollo de los frutos, sino también para el crecimiento vegetativo.

4.1.1.3 Destino de yemas laterales sobre ramos con tendencia vegetativa

Cuadro 8. Destino de yemas laterales sobre ramos con tendencia vegetativa.

DESTINO	CANTIDAD	%
YEMAS CAIDAS	4	8.3
YEMAS FLORALES	2	4.2
YEMAS DE BROTAÇÃO PASMADA	36	75.0
YEMAS DE BROTAÇÃO TÍPICA	6	12.5
TOTAL	48	100.0

El cuadro 8 muestra el destino de las yemas laterales sobre ramos con tendencia vegetativa luego del periodo de estudio.

- El 8.3% de yemas cayeron.
- El 4.2% fueron yemas que desarrollaron en inflorescencia.,
- el 75% de yemas apicales fueron yemas de brotación pasmada
- Finalmente, el 12.5 % fueron yemas de brotación típica.

Que la mayoría de brotes (75%) fuesen yemas de brotación pasmada se podría deber al efecto de la yema apical, ya que esta ejerce dominancia sobre las yemas laterales que las precede. La dominancia apical revela un destino de asimilados preferencial haciendo que la yema apical desarrolle vegetativamente a costa de las yemas laterales.

4.1.2 Crecimiento de brotes

No se considera el crecimiento de brotes provenientes de yemas laterales sobre ramos con tendencia vegetativa por tener muy pocos elementos (ver cuadro 8).

4.1.2.1. Crecimiento de brotes originados de yemas apicales de brotación típica sobre ramos con tendencia reproductiva.

Cuadro 9. Longitud de brotes generados de yemas apicales de brotación típica sobre ramos con tendencia reproductiva.

RANGO DE LONGITUD DE BROTE (cm)	CANTIDAD	%
Entre 3 y 6	19	70.4
Mayores de 6 hasta 15	5	18.5
Mayores a 15	3	11.1
TOTAL	27	100.0

Del 28.1% de yemas apicales (27 yemas) sobre ramos con tendencia reproductiva que llegaron a formar un brote:

- el 70.4% tuvieron una longitud de entre 3 hasta 6 cm.,
- mientras que el 18.5% alcanzaron una longitud mayor a 6, y hasta 15 cm.
- Finalmente, brotes mayores de 15 cm de longitud representaron el 11.1%.

La mayoría de brotes tienden a ser cortos, posiblemente, al menos de manera parcial, debido al efecto de los abundantes frutos que en el año de estudio se desarrollaron, siendo estos fuertes sumideros de asimilados (Rallo y Cuevas, 2008). El porcentaje de brotes disminuyen en la medida que estos se hacen más grandes, siendo el menor porcentaje aquellos brotes mayores de 15 cm. de longitud; estos resultados fueron similares a lo encontrado por Castillo-Llanque y Rapoport (2011).

4.1.2.2. Crecimiento de brotes originados de yemas apicales de brotación típica sobre ramos con tendencia vegetativa

Cuadro 10. Longitud de brotes originados de yemas apicales de brotación típica sobre ramos con tendencia vegetativa.

RANGO DE LONGITUD DE BROTE (cm)	CANTIDAD	%
Entre 3 y 6	12	42.9
Mayores de 6 hasta 15	11	39.3
Mayores a 15	5	17.9
TOTAL	28	100.0

Del 58.3% de yemas apicales (28) sobre ramos con tendencia vegetativa que llegaron a formar un brote:

- el 42.9% de estos nuevos brotes tuvieron una longitud de entre 3 a 6 cm.,
- mientras que el 39.3% alcanzaron una longitud de más de 6 hasta 15 cm, y finalmente,
- brotes mayores de 15 cm de longitud alcanzaron el 17.9%.

Más de la mitad de brotes fueron más de seis centímetros. Esto podría reflejar un menor efecto de la carga frutal. Ya que en estos brotes hubo poca presencia de frutos en desarrollo.

En este caso también se observa que los porcentajes de brotes van disminuyendo conforme el rango de longitud es mayor, es así que el menor porcentaje de brotes es para aquellos con una longitud mayor a 15 cm. Similares resultados fueron encontrados por Castillo-Llanque y Rapoport (2011).

4.1.2.3. Desarrollo de brotes vegetativos de yemas apicales respecto al desarrollo reproductivo

A fin de establecer los momentos en que ocurre la mayor parte de los crecimientos vegetativos, tomando como referencia los estados fenológicos reproductivos, en la figura 8 se muestra el porcentaje de brotes que alcanzaron su tamaño final en distintos momentos fenológicos reproductivos. Para este caso se

incluyen las estructuras vegetativas que se originaron de yemas de brotación típica y las pequeñas estructuras vegetativas que se originaron de yemas de brotación pasmada.

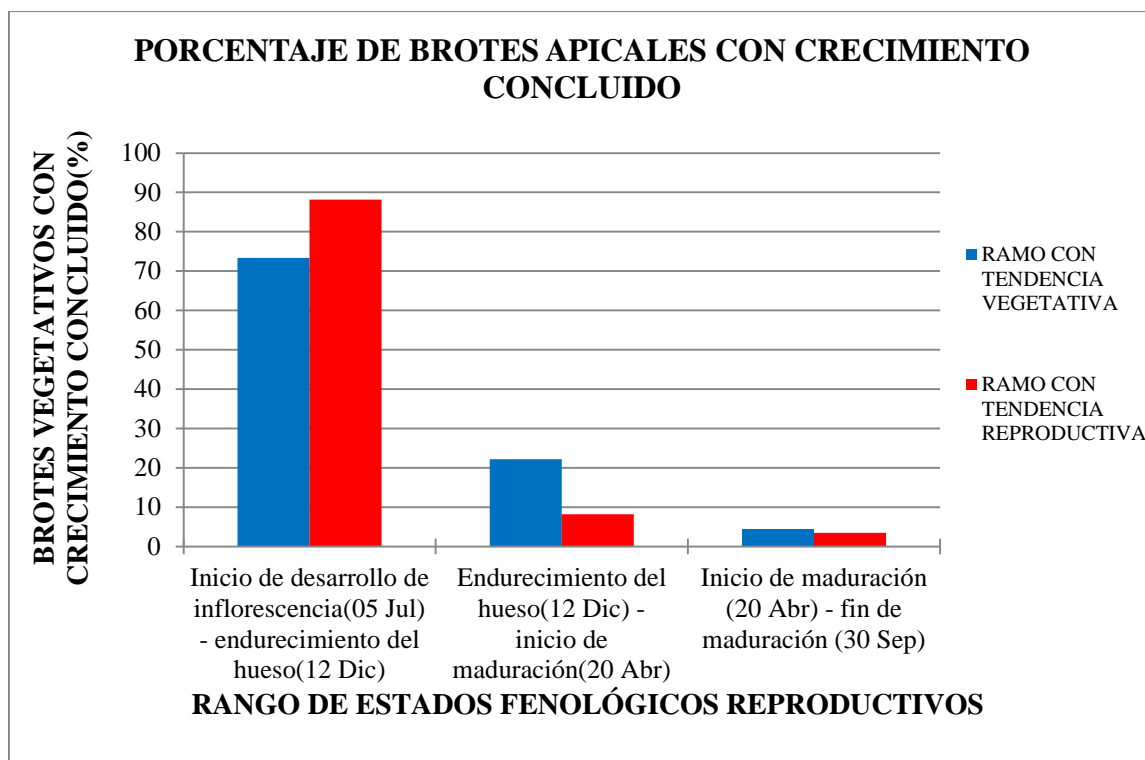


Figura 8: Distribución porcentual de brotes vegetativos desarrollados de yemas apicales que culminaron su crecimiento en distintos estados fenológicos reproductivos.

La figura 8 muestra un gráfico en que la mayoría de brotes apicales (88 % sobre ramos con tendencia reproductiva y 73% sobre ramos con tendencia vegetativa) concluyeron su crecimiento entre el inicio de desarrollo de las inflorescencias y el endurecimiento del hueso (o carozo). Este comportamiento es típico de un año de alta producción según lo reportado por varios investigadores (Beyá y Fichet, 2015; Fernández et al., 2015; Escobar, 1981).

Porcentajes menores terminaron de crecer en etapas más avanzadas que el “endurecimiento del hueso”, pero como comportamiento general los brotes originados sobre ramos con tendencia reproductiva finalizaron su crecimiento antes que los brotes formados sobre ramos con tendencia vegetativa, posiblemente por efecto de los frutos presentes en los ramos con tendencia reproductiva (Rallo y Cuevas, 2008).

4.1.3 Evolución fenológica de yemas vegetativas

En esta parte se muestra la evolución fenológica vegetativa de yemas apicales en ambos ramos, usando la escala BBCH.

4.1.3.1 Evolución fenológica de yemas apicales de brotación típica sobre ramos con tendencia reproductiva

4.1.3.1.1 Estadio principal 0: desarrollo de las yemas vegetativas

En la figura 9 se anotan los estados fenológicos vegetativos observados en yemas apicales de brotación típica sobre ramos con tendencia reproductiva de acuerdo a los cinco subestadios establecidos por el código BBCH para el estadio principal 0: desarrollo de las yemas vegetativas (ver cuadro 2). En cada semana de evaluación se anotó el porcentaje de yemas que correspondían a cada subestadio.

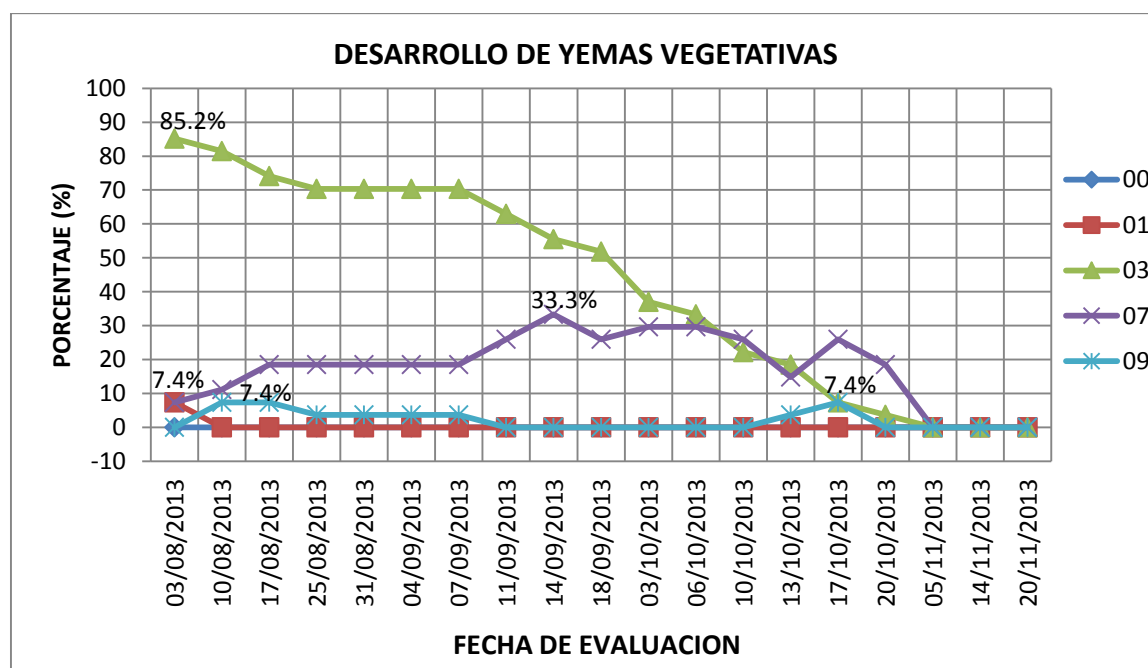


Figura 9: Desarrollo de yemas vegetativas sobre ramos con tendencia reproductiva.

— Subestadio 00. No se observó en el periodo de estudio. Para el 03/08 todas las yemas habían superado este subestadio.

- Subestadio 01. En la primera evaluación, que fue el 03/08, alcanzó su mayor valor, siendo 7.4%. A partir del 10/08 este subestadio no volvió a presentarse.
- Subestadio 03. El 03/08 tuvo el 85.2%, siendo el mayor porcentaje. Posteriormente, fue disminuyendo, teniendo una etapa invariable de 70.4% del 25/08 al 07/09. Después de esto, continúa disminuyendo hasta que el 05/11 termina.
- Subestadio 07. Del 17/08 al 07/09 el 18.5% de yemas se mantuvieron en este subestadio. El 14/09, se alcanzó el mayor porcentaje ,33.3 %. Luego de este pico, la tendencia es a la baja, terminando el 05/11.
- Subestadio 09. El 10/08 inicia con 7.4%, el cual es el mayor porcentaje que se llegó.

El porcentaje disminuye hasta cero el 11/09. Luego aparece del 10/10 al 20/10 alcanzando un pico de 7.4%. A partir del 20/10 termina.

Según Rallo y Cuevas (2008), las yemas vegetativas brotan al comienzo de la primavera, algo más tarde que las yemas florales. Pero de acuerdo con los resultados encontrados, en condiciones medioambientales de la zona en estudio, las yemas ya habían brotado antes que la primavera inicie (23 de setiembre teóricamente). Para el 03 de agosto, más del 80% de yemas estaban en el subestadio 03. Esto se puede deber a que el invierno no es tan gélido como en otras latitudes, ya que al parecer no hay un desencadenante específico para el crecimiento vegetativo, y este posiblemente se induzca con temperaturas diurnas elevadas y días más largos (Lavee et al., 1996a).

El cuadro meteorológico (ver cuadro 5) muestra que la temperatura mínima en ninguno de los meses correspondientes al invierno del 2013 fueron menores a 10°C, la cual es indicada según Rallo y Cuevas (2008) como el límite inferior de temperatura para que el crecimiento vegetativo pueda darse. Por lo que esta podría ser una de las causas del desarrollo vegetativo antes de llegada la primavera.

El subestadio 09 es uno de los que menos se percibe, según los resultados obtenidos. Esto podría deberse a lo poco evidente, por su corta duración, de la descripción que lo define: “puntas de las primeras hojitas en crecimiento se entrecruzan”; por lo tanto se podría sugerir que las hojitas se cruzan por poco tiempo, continuando con la separación de estos, dando lugar así al siguiente subestadio.

4.1.3.1.2 Estadio principal 1: desarrollo de hojas

En la figura 10 se anotan los estados fenológicos vegetativos observados en yemas apicales de brotación típica sobre ramos con tendencia reproductiva de acuerdo a los tres subestadios establecidos por el código BBCH para el estadio principal 1: desarrollo de hojas (ver cuadro 2). En cada semana de evaluación se anotó el porcentaje de brotamientos con el primer par de hojas en evolución que correspondían a cada subestadio.

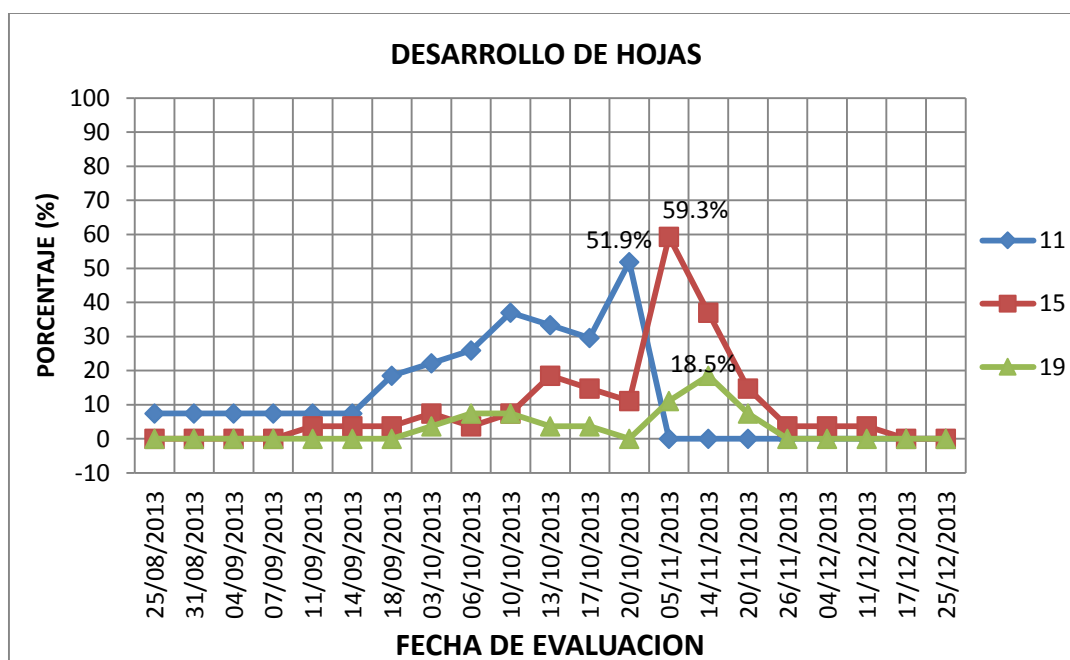


Figura 10: Desarrollo de hojas sobre ramos con tendencia reproductiva.

- Subestadio 11. Del 25/08 al 14/09 se mantuvo en 7.4%. Posteriormente aumenta, llegando a su pico máximo el 20/10 con 51.9%. El subestadio termina el 05/11.
- Subestadio 15. El 11/09 se muestra por primera vez con el 3.7%. El 13/10 presenta un primer pico de 18.5%. Después disminuye al 11.1% el 20/10, para luego alcanzar su máximo pico el 05/11 con 59.3%. Posteriormente disminuye al 3.7% el 26/11, para luego culminar el 17/12.
- Subestadio 19. Inicia el 03/10 con 3.7%, luego aumenta levemente a 7.4% el 06/10 para luego hacerse 0% el 20/10. Posteriormente se eleva, llegando a 18.5% el 14/11, su máximo pico. Luego disminuye, terminando el 26/11.

Respecto al subestadio 19, el cual menciona que el primer par de hojas alcanza el tamaño característico de la variedad a la cual pertenece, es muy corto. Esto es debido a que cuando se encontraba un brote en este subestadio, la próxima evaluación se empezaba a tomar las medidas de longitud de brote. Entonces, este subestadio solo era anotado una sola vez, la siguiente ya se consideraba en el siguiente subestadio.

4.1.3.1.3 Estadio principal 3: desarrollo de brotes

En la figura 11 se anotan los estados fenológicos vegetativos observados en yemas apicales de brotación típica sobre ramos con tendencia reproductiva de acuerdo a los tres subestadios establecidos por el código BBCH para el estadio principal 3: desarrollo de brotes (ver cuadro 2). En cada semana de evaluación se anotó el porcentaje de brotamientos que correspondían a cada subestadio.

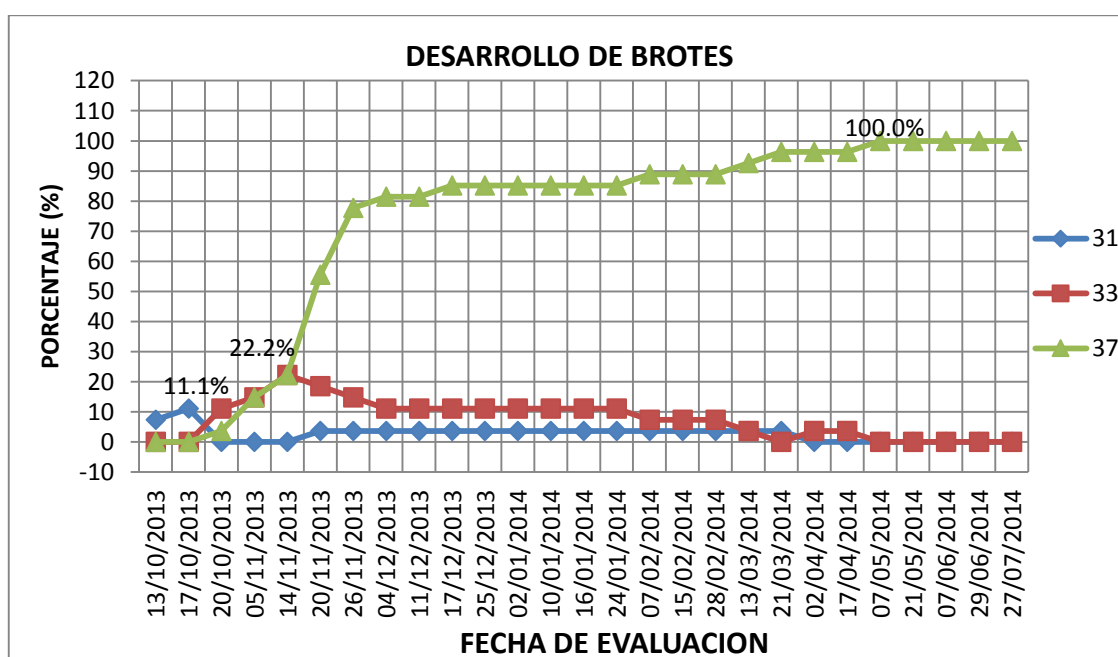


Figura 11: Desarrollo de brotes sobre ramos con tendencia reproductiva.

- Subestadio 31. El 13/10 se muestra por primera vez con 7.4%. Para el 17/10 se alcanza el máximo pico con un 11.1%. Del 20/10 al 14/11 se hace 0%. A partir del 20/11 hasta el 21/03 se mantiene 3.7%. Este periodo culmina el 02/04.

- Subestadio 33. El 20/10 se muestra por primera vez con 11.1%. El 14/11 se alcanza el máximo pico con un 22.2%. Después de esto, la tendencia es a la baja llegando a 11.1% el 04/12, manteniéndose así hasta el 24/01. Luego sigue disminuyendo hasta culminar el 07/05.
- Subestadio 37. El 20/10 inicia con un 3.7%. Al 26/11 se alcanza el 81.5%, siendo una gran mayoría de las yemas. Después de esto, el incremento es menor, llegando al 100% el 05/07.

Teniendo en cuenta que los datos de longitud final de brotes fue muy variable, la longitud promedio de brotes fue de 6.47 cm.

Como se observa, cerca del 80 % de brotes alcanzan el subestadio 37 a inicios del mes de diciembre. Esto quiere decir que la mayoría de brotes han alcanzado casi su máximo tamaño. Esto puede ser consecuencia de lo mencionado anteriormente respecto a la competencia por asimilados, que preferentemente son derivados para el desarrollo del fruto, situación que ocurre desde etapas bastante tempranas, 15 días después de plena floración, en estado de ovarios fecundados (Rallo y Cuevas, 2008; Márquez, 1989, citado por Ramírez, 2001). De acuerdo a los resultados obtenidos la plena floración ocurrió el 29 de setiembre, entonces sería a partir de la quincena de octubre que los frutos empiezan a competir fuertemente con los brotes en desarrollo, incidiendo negativamente en su crecimiento de estos últimos.

El crecimiento de brotes hasta fines de abril se podría deber a que los ramos de donde se iniciaron no presentaban muchos frutos, o ningún fruto, ni en sus ramos vecinos; por lo que los asimilados fueron para el crecimiento de este, ocurriendo un crecimiento continuo o posiblemente un segundo flujo de crecimiento (sí hubieron yemas con 2 flujos de crecimiento, pero muy escasos, por lo que no se les consideraron en este estudio).

4.1.3.2 Evolución fenológica de yemas apicales de brotación típica sobre ramos con tendencia vegetativa

4.1.3.2.1 Estadio principal 0: desarrollo de las yemas vegetativas

En la figura 12 se anotan los estados fenológicos vegetativos observados en yemas apicales de brotación típica sobre ramos con tendencia vegetativa de acuerdo a los cinco subestadios establecidos por el código BBCH para el estadio principal 0: desarrollo de las yemas vegetativas (ver cuadro 2). En cada semana de evaluación se anotó el porcentaje de yemas que correspondían a cada subestadio.

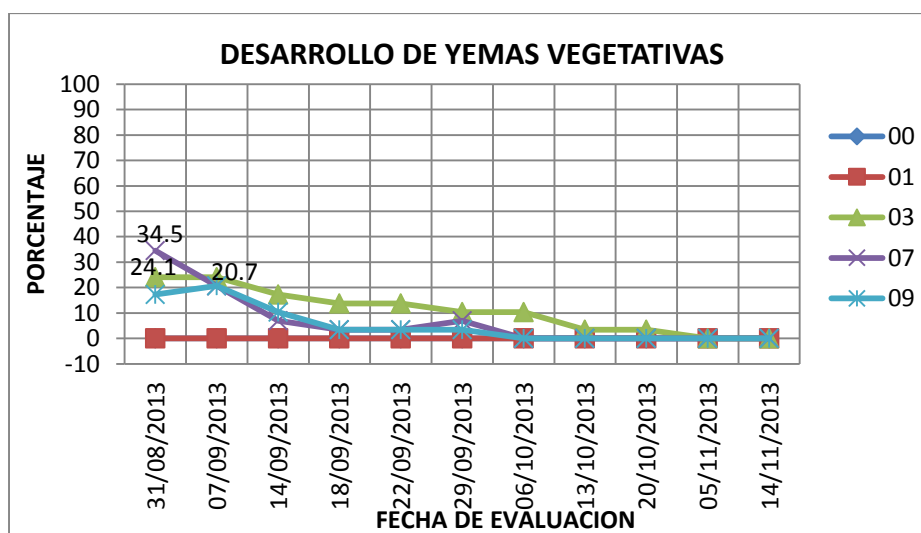


Figura 12: Desarrollo de yemas vegetativas sobre ramos con tendencia vegetativa.

- Subestadio 00. Las yemas se encontraban en un subestadio superior.
- Subestadio 01. Las yemas escogidas presentaron un subestadio superior.
- Subestadio 03, el 31/08, primera evaluación, tuvo el mayor porcentaje ,24.1 %, luego fue descendiendo hasta que el 05/11 llegó a su fin.
- Subestadio 07. El 31/08, primera evaluación, tuvo el mayor porcentaje, 34.5%. Después bajo, el 14/09, a 6.9. posteriormente siguió disminuyendo, finalizando el 06/10.

- Subestadio 09. Inició el 31/08 con 17.2%. Tuvo su máximo pico el 07/09 con un 20.7%. Después disminuyó. Del 18/09 al 29/09 se mantuvo en 3.4%; culminó el 06/10.

Aunque se menciona que en otros países el inicio del crecimiento vegetativo tiene lugar por lo general a comienzos de la primavera (Rallo y Cuevas, 2008), en este caso ya a fines de agosto faltando 3 semanas aproximadamente para el inicio de esta estación las yemas ya se encontraban en un subestadio avanzado, subestadio 3. Esto se podría deber a que el invierno no fue muy frío, permitiendo que las yemas apicales empiecen su apertura antes de la fecha indicada teóricamente. La temperatura favorable al crecimiento vegetativo está entre 10-30°C, aproximadamente (Rallo y Cuevas, 2008); contrastándolo con los datos de Temperatura mínima para el invierno del año 2013 (ver cuadro 5), se puede apreciar que todas superan los 10°C., por lo que se podría esperar que las yemas antes de iniciada la primavera tengan cierto grado de evolución.

4.1.3.2.2 Estadio principal 1: desarrollo de hojas

En la figura 13 se anotan los estados fenológicos vegetativos observados en yemas apicales de brotación típica sobre ramos con tendencia vegetativa de acuerdo a los tres subestadios establecidos por el código BBCH para el estadio principal 1: desarrollo de hojas (ver cuadro 2). En cada semana de evaluación se anotó el porcentaje de brotamientos con el primer par de hojas en evolución que correspondían a cada subestadio.

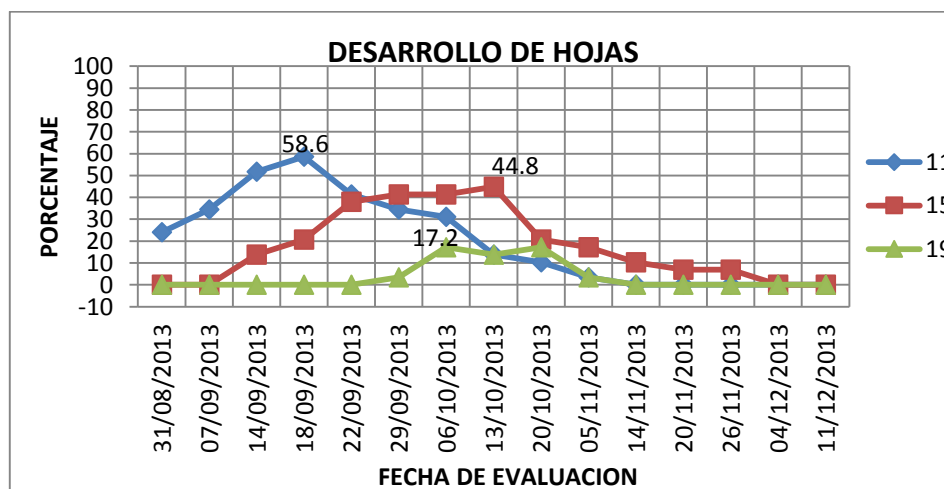


Figura 13: Desarrollo de hojas sobre ramos con tendencia vegetativa.

- Subestadio 11. La primera fecha de evaluación, 31/08, tuvo 24.1%. Luego se incrementó, llegando a su máximo el 18/09 con un 58.6%. Después de esto, empezó el descenso, hasta llegar a su fin el 14/11.
- Subestadio 15. El 14/09 se muestra por primera vez con 13.8%. Luego el porcentaje aumenta, llegando a 37.9% el 22/09, para luego llegar a su pico más alto con 44.8% el 13/10. Luego empezó la caída hasta el 04/12 donde culminó.
- Subestadio 19. El 29/09 se muestra por primera vez con 3.4%. El porcentaje sigue aumentando, hasta llegar a su pico más alto con 17.2% el 06/10, disminuyendo a 13.8% el 13/10, volviendo a 17.2% al 20/10. Después la tendencia es a la baja, hasta el 14/11 en que termina.

Hay que resaltar el hecho de que el subestadio 19 culmina antes que el subestadio 15. Esta situación aparentemente ilógica indicaría que hubo yemas que del subestadio 15 pasaron directamente al subestadio 31. Es posible que, en un año de carga, la evolución de algunas -yemas vegetativas, por ejemplo las yemas de brotación pasmada, se perturbe y de alguna manera no sigan la secuencia ordenada de la escala BBCH. Por eso es que no se observó la formación completa de las primeras hojas, característica del subestadio 19, sino que el registro indicó longitudes superiores a los 3cm. y en consecuencia, se les consideró como yemas brotación típica (revisar metodología) y fueron señaladas dentro del estadio principal 3 (desarrollo de brotes).

4.1.3.2.3 Estadio principal 3: desarrollo de brotes

En la figura 14 se anotan los estados fenológicos vegetativos observados en yemas apicales de brotación típica sobre ramos con tendencia vegetativa de acuerdo a los tres subestadios establecidos por el código BBCH para el estadio principal 3: desarrollo de brotes (ver cuadro 2). En cada semana de evaluación se anotó el porcentaje de brotamientos que correspondían a cada subestadio.

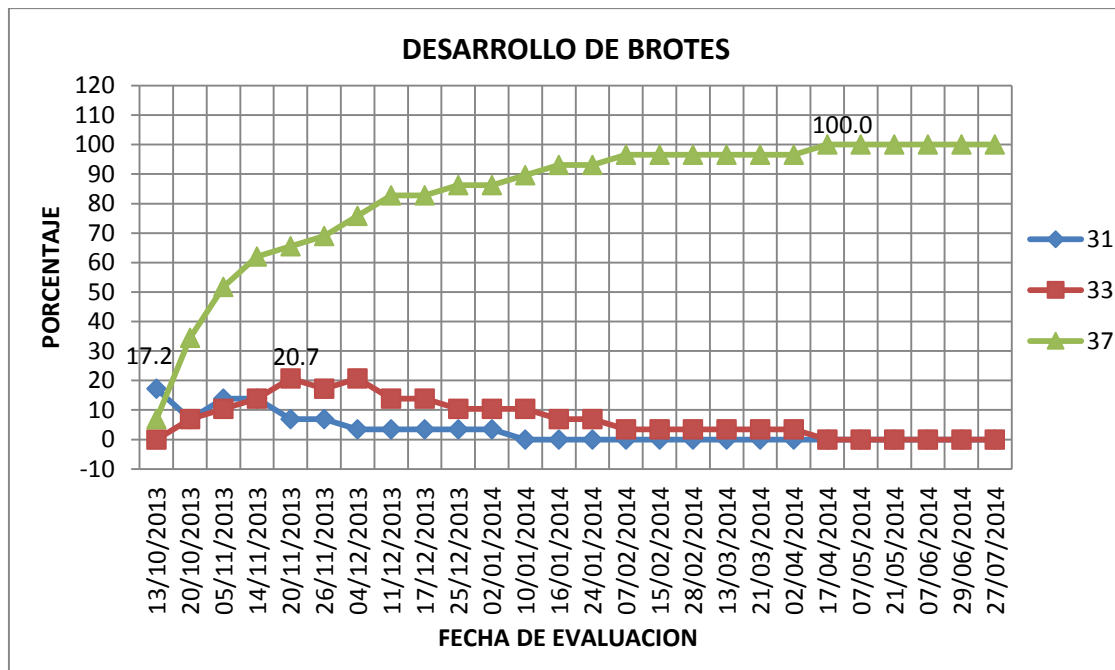


Figura 14: Desarrollo de brotes sobre ramos con tendencia vegetativa.

El tamaño final promedio de los brotes, al final de las observaciones, fue de 9.33 cm. El análisis de los subestadios, que se determinan en función del porcentaje del tamaño final, muestra lo siguiente:

- Subestadio 31. El 13/10 inicia con 17.2%, su pico más alto. Luego tiende a bajar hasta culminar el 10/01.
- Subestadio 33. El 20/10 se muestra por primera vez con 6.9%. Luego el porcentaje va aumentando, hasta llegar su pico máximo, el 20/11, con 20.7%. Después de esto, la tendencia es a la baja, hasta terminar el 17/04.
- Subestadio 37. El 31/10, con 6.9%, se inicia. Luego empieza el incremento, llegando al 82.8% el 11/12. Posteriormente, toma un periodo largo hasta alcanzar el 100%, siendo el 17/04 donde se alcanza este porcentaje.

Como se puede observar, cerca del 96% de brotes habían llegado al subestadio 37 a inicios de febrero. Comparados con los brotes vegetativos sobre ramos con tendencia reproductiva que crecieron hasta fines de diciembre, esta vez hubo 2 meses más de crecimiento vegetativo. Esto se podría explicar por el efecto de los frutos en desarrollo, menos drástico en brotaciones de ramos con tendencia vegetativa (Lavee et al., 1996a; Rallo y Cuevas, 2008).

4.2 DESARROLLO REPRODUCTIVO

En esta parte se muestra los resultados obtenidos del estudio de yemas que desarrollaron y crecieron reproductivamente sobre ramos con tendencia reproductiva.

4.2.1 Estadio principal 5: desarrollo de inflorescencias

En la figura 15 se anotan los estados fenológicos reproductivos observados sobre ramos con tendencia reproductiva de acuerdo a los siete subestadios establecidos por el código BBCH para el estadio principal 5: desarrollo de inflorescencias (ver cuadro 2). En cada semana de evaluación se anotó el porcentaje de inflorescencias en formación que correspondían a cada subestadio.

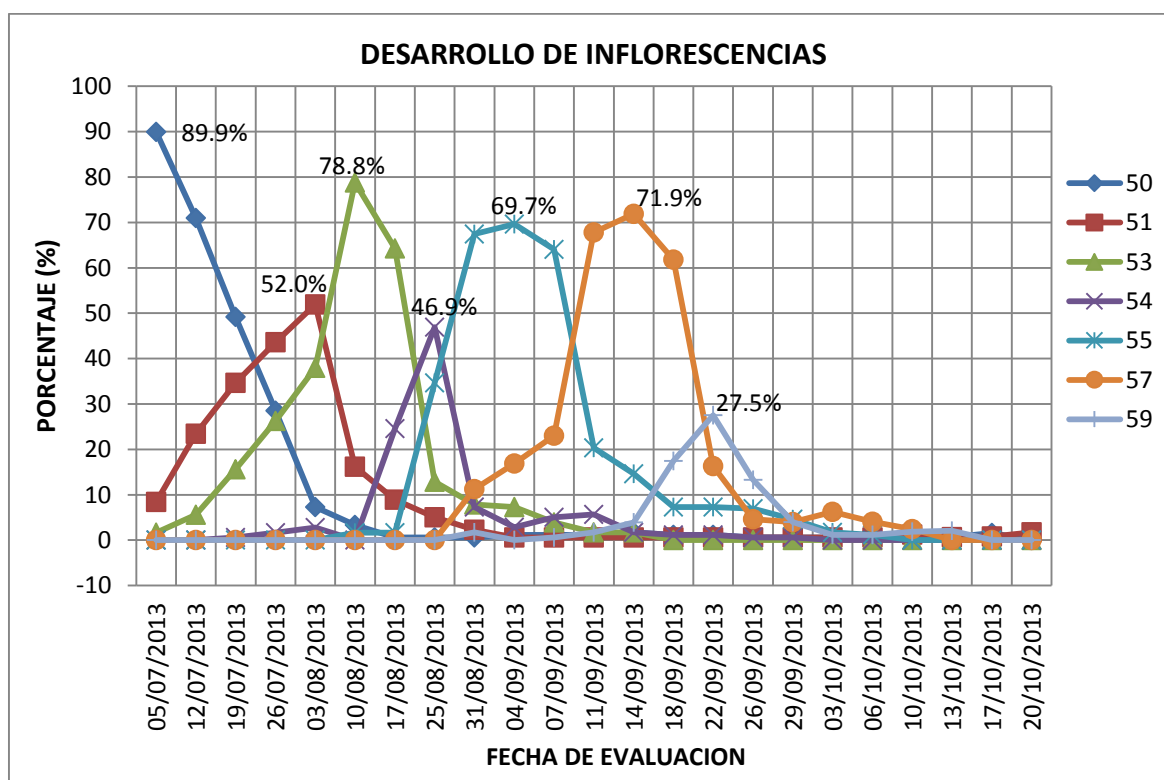


Figura 15: Desarrollo de inflorescencias sobre ramos con tendencia reproductiva.

— Subestadio 50. El 05/07 inició con su máximo pico 89.9%. Luego empieza a disminuir hasta culminar el 17/08.

- Subestadio 51. El 05/07, primera evaluación, tiene 8.4%; incrementándose hasta llegar a su pico máximo el 03/08 con 52%. Después de esto, el porcentaje baja, hasta hacerse 0% a partir del 04/09.
- Subestadio 53. El 05/07 tiene 1.7%, incrementándose rápidamente hasta llegar a su pico el 10/08 con 78.8%. Luego la tendencia es a la baja, llegando a su fin el 18/09.
- Subestadio 54. El 26/07 se presenta iniciando con 1.7%. La tendencia es en aumento, llegando a su pico máximo el 25/08 con 46.9%. Pero baja estrepitosamente a 7.3% el 31/08. Este subestadio culmina el 03/10.
- Subestadio 55. El 10/08 inicia con 1.7%. El 04/09 se alcanza su punto máximo con el 69.7%. Luego disminuye a 7.3% el 18/09. Posteriormente sigue disminuyendo, terminando el 10/10.
- Subestadio 57. El 31/08 inicia con 11.2%. Se incrementa llegando a su pico máximo el 14/09 con 71.9%. El 26/09 el porcentaje baja hasta 4.6%, para llegar a su fin el 13/10.
- Subestadio 59. Empieza a partir del 07/09 con 0.6%. Empieza a aumentar llegando a su nivel más alto el 22/09 con 27.5%. Para el 03/10 baja a 1.1%, culminando el 17/10.

El subestadio 59 es el que presenta un porcentaje máximo menor que los demás subestadios. Esto debido probablemente a su corta duración, ya que una vez que los pétalos están de color blanco, pasa muy poco tiempo para que al menos una de las flores de la inflorescencia inicie su apertura o antesis, por lo cual ya se considera que estaría en el estadio principal de floración. Haciendo una equivalencia con lo hallado por Sotomayor (2002a), este estadio principal inicia mediados de julio, similar a lo que se encontró en este trabajo.

4.2.2 Estadio principal 6: floración

En la figura 16 se anotan los estados fenológicos reproductivos observados sobre ramos con tendencia reproductiva de acuerdo a los siete subestadios establecidos por el código BBCH modificado (revisar metodología) para el estadio principal 6: floración. En cada semana de evaluación se anotó el porcentaje de inflorescencias con flores que correspondían a cada subestadio.

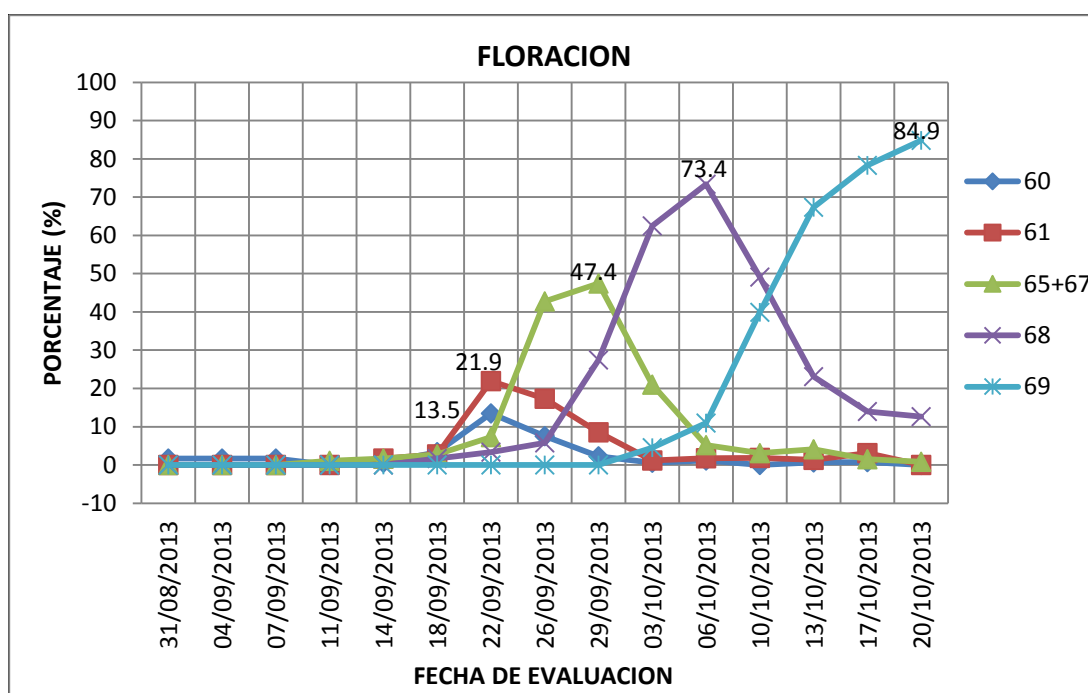


Figura 16: Floración sobre ramos con tendencia reproductiva.

- Subestadio 60. El 31/08 se presenta con 1.7%; hasta el 14/09 baja, llegando al 0.7%. Después de esto aumenta llegando a su máximo pico el 22/09 con 13.5%. luego llegó a 0.6% el 03/10, para el 20/10 llegar a su fin.
- Subestadio 61. Inicia el 14/09 con 1.7%, llegando a su pico máximo el 22/09 con 21.9%. para el 03/10 baja a 1.1%, manteniéndose así sin aumentar, terminando el 20/10.
- Subestadio 65+67. El 11/09 inicia con 1.1%, llegando a 7.3% el 22/09, siendo un bajo ascenso. Luego aumenta drásticamente, llegando a 47.4% el 29/09. Posteriormente, el 06/10 disminuye a 5.2%, culminando el 20/10.

- Subestadio 68. El 18/09 inicia con 1.7%, llegando a 5.8% el 26/09, siendo un bajo incremento. Después de esto, aumenta considerablemente, llegando a su mayor porcentaje el 06/10, con 73.4 %. Luego inicia el descenso, hasta llegar a 12.6% el 20/10, que fue el último día de evaluación para esta fase.
- Subestadio 69. Se anota por primera vez el 03/10 con 4.5%. El 6/10 alcanza el 11%, para luego incrementarse generosamente hasta el 20/10, última evaluación realizada, con 84.9%.

Los resultados indican que la plena floración (la mayoría de inflorescencias con: al menos el 50% de flores en antesis y se inicia la caída de pétalos blancos, subestadio 65 + 67) ocurrió desde el 22 de setiembre hasta el 06 de octubre, ocurriendo el máximo porcentaje entre el 26 y 29. Resultados parecidos encontró Sotomayor (2002b), para el cultivar Azapa (sinónimos de ‘Sevillana’ o ‘Criolla Tacneña’) en Arica-Chile, donde la plena floración ocurrió desde la última semana de setiembre hasta mediados de octubre.

4.2.3 Estadio principal 7: desarrollo del fruto

En la figura 17 se anotan los estados fenológicos reproductivos observados sobre ramos con tendencia reproductiva de acuerdo a los siete subestadios establecidos por el código BBCH para el estadio principal 7: desarrollo del fruto. En cada semana de evaluación se anotó el porcentaje de frutos que correspondían a cada subestadio.

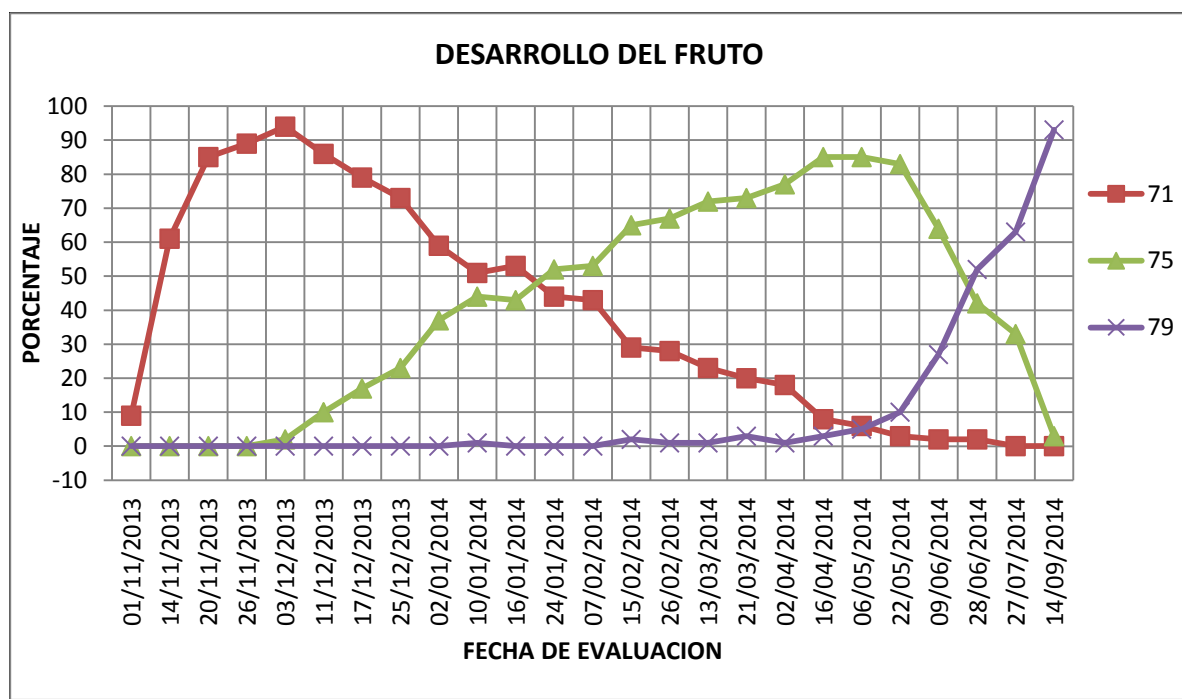


Figura 17: Desarrollo de frutos sobre ramos con tendencia reproductiva.

- Subestadio 71. El 01/11, la primera evaluación, tuvo un porcentaje de 75%. Luego se incrementó hasta el 88% el 14/11, manteniéndose hasta el 20/11. Luego empieza a disminuir, terminando el 02/04.
- Subestadio 75. El 14/11 se inició con un 3%. Luego se incrementa hasta llegar a su pico más alto, alcanzando un 94%, el 13/03. Seguidamente inicia el descenso hasta culminar el 14/09, última fecha evaluada.
- Subestadio 79. Inicia el 07/02 con un 1%. Hasta el 02/04 solo incrementa hasta 3%. Posteriormente empieza a incrementarse hasta 95%, el 14/09, última fecha de evaluación.

Sotomayor (2002a), establece que el crecimiento del fruto culmina a mediados de junio. En este caso la mayoría de frutos que llega a su tamaño final ocurre a mediados de setiembre. Existe tres meses de diferencia. Es necesario mencionar que los árboles estudiados estuvieron muy cargados, con gran cantidad de frutos presentes, sin habérseles aplicado algún raleo o extracción temprana de frutos sin que estén maduros, por lo cual se tiene esta prolongación del tiempo de crecimiento. En el otro caso, no se sabe si los árboles usados por este autor tuvieron gran cantidad de frutos, pudiendo haber trabajado promediando los resultados obtenidos de árboles con distintos niveles de carga; tampoco se sabe si se realizó algún tipo de raleo o cosecha en verde.

4.2.3.1 Endurecimiento del endocarpo (hueso)

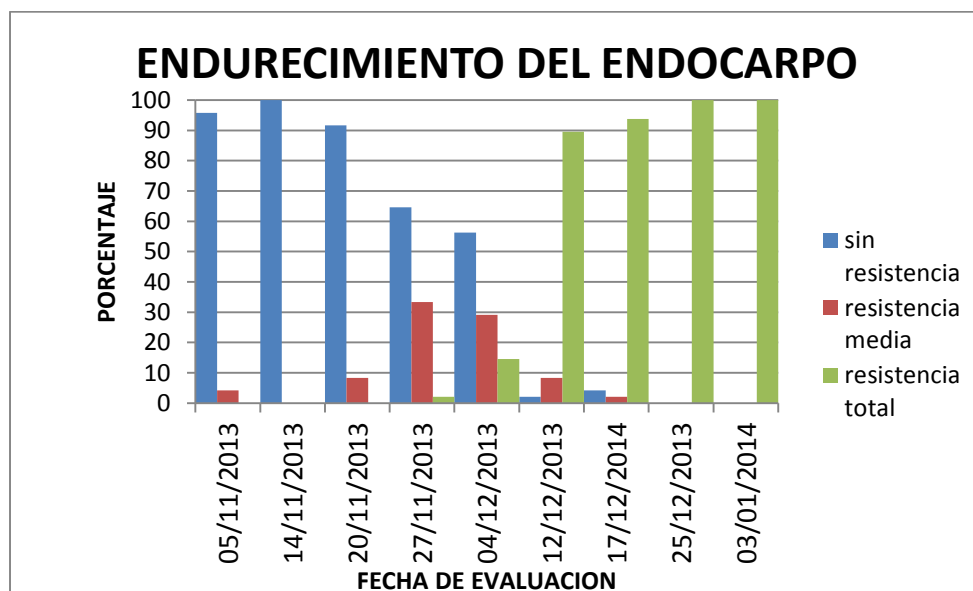


Figura 18: Evolución de la resistencia al corte de frutos.

Rapoport et al. (2013) señalan que el inicio de endurecimiento del hueso para el cv. Cornicabra inicia 20-25 días después de plena floración (DDPF), teniendo un rápido incremento 40-50 DDPF. Para el presente trabajo el endurecimiento del hueso se asume su inicio cuando el fruto presenta resistencia media al corte, esto es a partir de la segunda quincena de noviembre-2013 (ver figura 18), hasta la segunda quincena de diciembre-2013.

Para Sotomayor (2002a), en la variedad Azapa, sinónimo de la variedad sevillana (Casilla, 2004), el endurecimiento del hueso ocurre entre la segunda quincena de

diciembre y la primera quincena de enero; en este caso, el endurecimiento del hueso ocurre entre en la segunda quincena de noviembre y la segunda quincena de diciembre. Los resultados obtenidos son distintos a lo hallado por los autores citados; estas diferencias son advertidas por Gómez del Campo y Rapoport (2008), que mencionan que el proceso de endurecimiento del hueso está condicionado por factores genéticos (variedades) y condiciones del cultivo, lo cual se hace evidente encontrar distintas épocas en que ocurre la esclerificación.

4.2.4 Estadio principal 8: maduración del fruto

En el gráfico 19 se anotan los estados fenológicos reproductivos observados sobre ramos con tendencia reproductiva de acuerdo a los siete subestadios establecidos por el código BBCH para el estadio principal 8: maduración del fruto. En cada semana de evaluación se anotó el porcentaje de frutos que correspondían a cada subestadio.

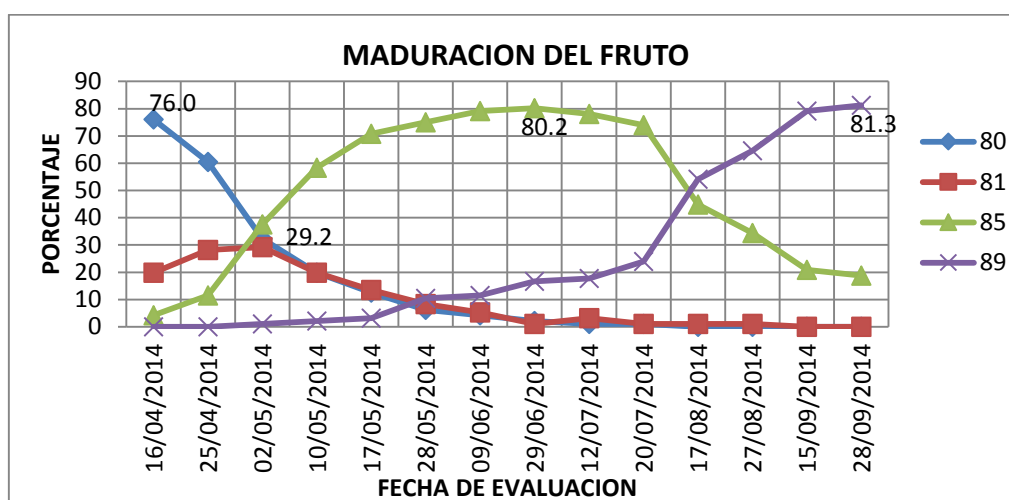


Figura 19: Maduración de frutos sobre ramos con tendencia reproductiva.

- Subestadio 80. El 16/04, la primera fecha de evaluación, alcanza su máximo porcentaje, con el 76%. Luego disminuye, culminando el 20/07.
- Subestadio 81, en la primera fecha, 16/04, tiene un porcentaje de 19.8%. El 02/05 logra el mayor porcentaje, que es 29.2%. Posteriormente disminuye, terminando el 20/07.

- Subestadio 85. En la primera fecha, 16/04, presenta un 4.2%. El 29/06 alcanza su mayor porcentaje, que es 80.2%. Después el porcentaje disminuye, y en la última fecha en que se había evaluado, 28/09, se tuvo un 18.8% de yemas en este subestadio.
- Subestadio 89. Empezó con 1% el 02/05. Hasta el 17/05 solo se incrementa hasta el 3.1%. Hasta el 20/07 alcanza el 24%. Luego hay una tasa de crecimiento mayor, alcanzando su pico máximo la última fecha de evaluación, con un 80.1 %.

Cuando el fruto esta de color verde a verde amarillento, es la etapa para cosecharlas y procesarlas en verde o “verde estilo sevillano” (Sotomayor, 2002a); según este trabajo correspondería al subestadio 80, entonces, el periodo donde se encuentran los frutos en mayor porcentaje en este subestadio es dentro de la primera quincena de abril. Entonces, en años de carga esta etapa podría ser aprovechada para hacer una descarga, así dejar el resto para cosecharlas maduras y procesarlas en “negra natural en salmuera” (en negra). Esta fecha también coincide en el inicio de la etapa 79 (tamaño alcanzado el 90% del tamaño final del fruto; ver gráfico 08), más del 10% de fruto ya están cerca de su tamaño final.

Para fines de mayo ya hay más del 10 % de frutos que alcanzaron la madurez, lo cual da lugar a realizar una primera cosecha, en negra.

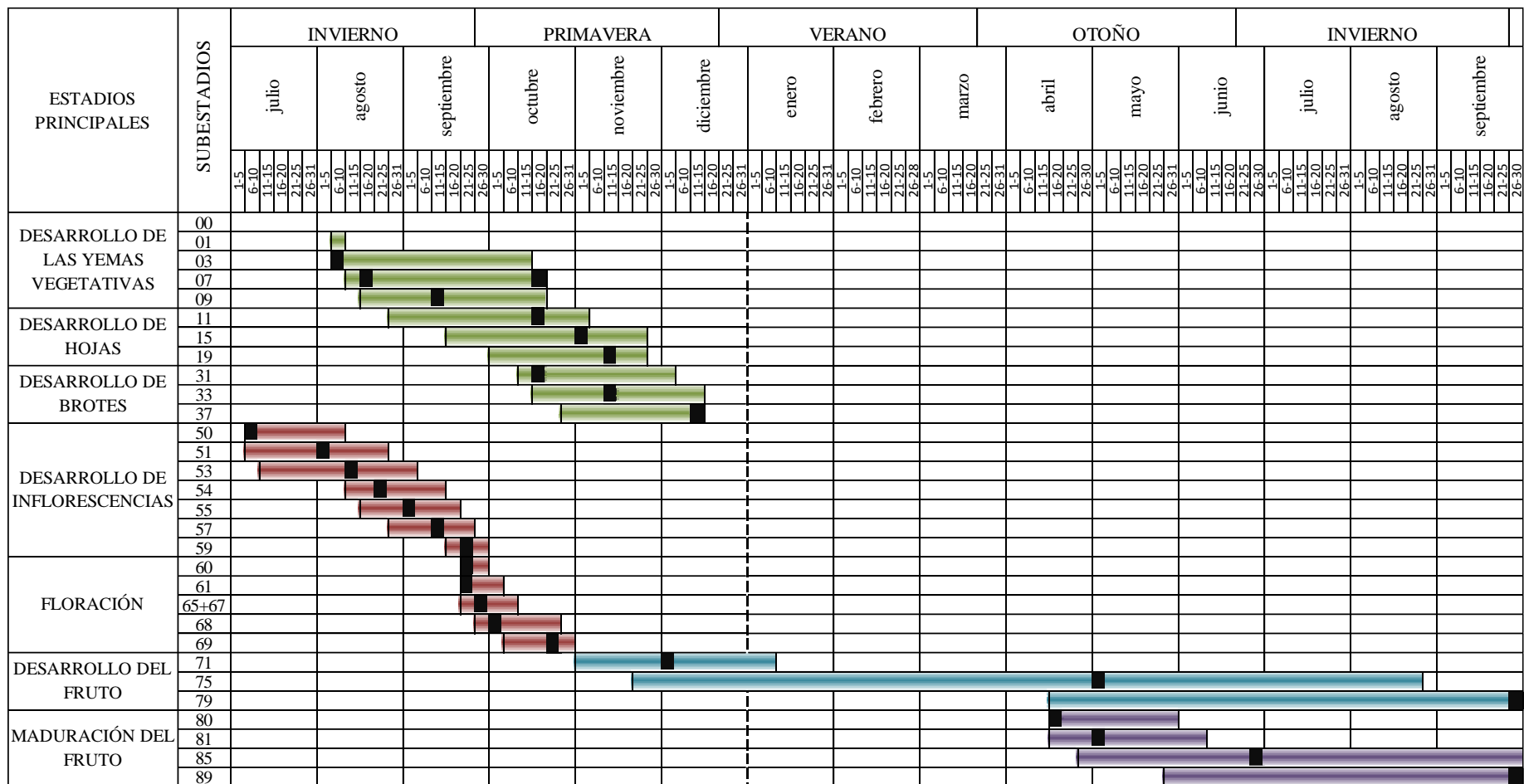
El subestadio 81 no alcanza un alto porcentaje porque, como se trata de contar solo el inicio de la pigmentación del fruto, cada vez que se encontraba un fruto por primera vez pigmentado, la próxima evaluación automáticamente se le consideraba dentro del siguiente subestadio (en este caso el código 85).

El subestadio 85 es uno de los que más tiempo abarca, porque se considera dentro de este desde que el fruto, luego de presentar por primera vez pigmentación, empieza a desarrollar más color, hasta que todo el exocarpo está de color violeta oscuro, sin tener ninguna mancha más clara. Para esto es necesario revisar minuciosamente todo el cuerpo del fruto.

Si seguimos la metodología de Barranco (1998), el cual fue también seguido por Sotomayor (2002a), con los datos hallados solo se podría determinar el final de la maduración. Entonces, el fin de la maduración, haciendo una equivalencia, la fecha donde aparece con mayor frecuencia el subestadio 89, fue en la quincena de agosto.

Sotomayor (2002a) establece que la maduración del fruto culmina normalmente en junio; para Barranco et al. (1998) el fin de maduración de la variedad gordal sevillana es

a fines de Mayo. Pero en este caso, la maduración de los frutos se prolonga hasta el mes de setiembre. Estas diferencias podrían deberse a que estos autores obtuvieron sus resultados de árboles con distinto nivel de carga; en el caso de este trabajo solo con árboles cargados.



(*): Subestadio modificado: 65+67.

Figura 20: Fenología del olivo (*Olea europea* L) cv Sevillana en una campaña productiva (2013-2014), según la escala BBCH* adaptada para olivo.

Los resultados que se muestran en la figura 20 corresponden a los obtenidos sobre ramos con tendencia reproductiva. Los datos de crecimiento vegetativo en ramos con tendencia vegetativa no se consideran porque su presencia en árboles en carga es muy escasa. La figura muestra la duración en el tiempo de cada subestadio.

La partida de la evaluación del desarrollo vegetativo fue en Agosto, esto porque se inició las evaluaciones en esa fecha; esto no quiere decir que antes de este mes no haya habido algún crecimiento vegetativo. Por otro lado, se considera el crecimiento vegetativo hasta diciembre porque cerca del 90 % brotes concluye en ese mes.

V. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta las fases principales de desarrollo fenológico de la escala BBCH adaptada para olivo en un año de alta producción, se obtuvo que:

- En ramos con tendencia reproductiva, el “desarrollo de yemas vegetativas” empezó a inicios de agosto-2013, prolongándose hasta inicios de noviembre-2013; la etapa de “desarrollo de hojas” se inició a fines de agosto-2013, culminando a fines de noviembre-2013; finalmente, el “desarrollo de brotes” comienza a mediados de octubre-2013, culminando en su mayoría a mediados diciembre-2013. En caso de ramos con tendencia vegetativa: el “desarrollo de yemas vegetativas” inicia antes de fines de agosto-2013 y culmina a fines de octubre-2013; el “desarrollo de hojas” inicia a fines de julio-2013, culminando a fines de octubre-2013; el “crecimiento de brotes” inicia a comienzos de octubre-2013, se prolonga en su mayoría hasta la quincena de enero-2014. En ambos tipos de ramos predominaron yemas de brotación pasmada y brotes cortos, pero se observó mayor porcentaje de brotes largos en ramos con tendencia vegetativa.
- En ramos con tendencia reproductiva, el “desarrollo de inflorescencias” se inició a principios de julio-2013, prolongándose hasta inicios de octubre-2013. La etapa “floración” ocurrió desde la quincena de setiembre-2013, culminando a inicios de noviembre-2013. La plena floración ocurrió desde el 22 de setiembre-2013 hasta el 06 de octubre-2013, ocurriendo el máximo porcentaje entre el 26 y 29.
- En ramos con tendencia reproductiva, el “desarrollo de frutos” empezó desde inicios de noviembre-2013, prolongándose hasta fines de setiembre-2014. El endurecimiento del hueso ocurre entre en la segunda quincena de noviembre-2013 y la segunda quincena de diciembre-2013. Mientras, la “maduración del fruto” inició en la quincena de abril-2014, prolongándose hasta setiembre-2014.

VI. RECOMENDACIONES

- Para que este estudio tenga representatividad, se recomienda hacer repeticiones en tiempo y espacio. O sea, hacer un estudio fenológico en distintas zonas dentro de la Yarada y repetirla por varios años.
- Iniciar las evaluaciones en el mes de junio. Las evaluaciones iniciadas en julio, y agosto en caso de yemas vegetativas, daban como resultados yemas en subestadios superiores a los iniciales; entonces, debido a que principalmente la temperatura permite que las yemas inicien su diferenciación antes de primavera, se recomienda iniciar las evaluaciones en junio, así asegurar que se tomen datos desde el inicio de cada estadio.
- Hacer dos evaluaciones semanales para el estudio fenológico reproductivo en lugar de uno semanal que es lo habitual.
- Hacer el estudio fenológico, teniendo en cuenta las anteriores recomendaciones, en otras variedades que sean de interés actual o en el futuro, además de la variedad estudiada.

VII. BIBLIOGRAFÍA

1. Agustí M. 2010. Fruticultura. España. Ediciones Mundi-Prensa. 507 p.
2. Alférez R., M. Robles. 2007. Caracterización morfológica de trece variedades de olivo (*Olea europea* L.) introducidas en el germoplasma del Inprex-Tacna. 66 p.
3. Arenas P. 2012. Estudio del desarrollo de la yema floral del olivo (*Olea europaea*), cultivar “Arbequina”. Tesis de grado en Agronomía. Santiago-Chile. Universidad de Chile. 49p.
4. Badr S., H. Hartmann, G. Martin. 1970. Endogenous gibberellins and inhibitors in relation to flower induction and inflorescence development in the olive. *Plant Physiol.* 46: 674-679.
5. Badr S.A., H.T. Hartmann. 1971. Effect of diurnally fluctuating vs. constant temperatures on flower induction and sex expression in the olive (*Olea europaea*). *Physiol. Plant.* 24:40-45.
6. Barone E., M. La Mantia, A. Marchese, F. Paolo Marra. 2014. Improvement in yield and fruit size and quality of the main Italian table olive cultivar “Nocellara del Belice”. *Sci, Agric.* 7(1): 52-57.
7. Barranco D. 2008. El Cultivo del Olivo: Variedades y patrones. 6 ed. Madrid, Barcelona y México; Ediciones Mundi-Prensa. 63-125 p.
8. Barranco D., C. De Toro, L. Rallo. 1998. Épocas de Maduración de Cultivares de Olivo en Córdoba. *Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg.* 12(3): 360-368.
9. Barranco D., L. Rallo. 2000. Olive cultivars in Spain. *Hort. Technology* 10(1): 107-110.

10. Beyá V., F. Fichet. 2015. Efecto de la carga frutal sobre la fenología y crecimiento de raíces en olivos (*Olea europea* L.) cv. “Frantoio” en la Región Metropolitana. Universidad de Chile. 4 p.
11. Blázquez J., M. Amouretti, H. Camps-Fabrer, G. Comet. M. García, G. López, M. Ponsich, J. Remesal, P. Horst. 1996. La Enciclopedia Mundial del Olivo: Origen y difusión del cultivo. 1ra edición. Barcelona-España. Plaza y Janés Editores. 19-58p.
12. Bonofiglio T., F. Orlandi, C. Sgromo, B. Romano, M. Fornaciari. 2008. Influence of temperature and rainfall on timing of olive (*Olea europaea*) flowering in southern Italy. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 36: 59-69.
13. Casilla, E. 2004. El Cultivo del Olivo en el Perú. Texto Universitario. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. 214 pp.
14. Castillo-Llanque F., H. Rapoport. 2011. Relationship between reproductive behavior and new shoot development in 5-year-old branches of olive trees (*Olea europaea* L.). 10p.
15. Castillo-Llanque F., H. Rapoport. 2009. Identifying the location of olive fruit abscission. Scientia Horticulturae 120: 292-295.
16. Castillo-Llanque F. 2003. Influencia de la Polinización Cruzada en el Cuajado Final de Frutos del Olivo (*Olea europea* L.) sobre el cultivar “Sevillana” o “Criolla de Tacna”. Tesis de grado en Agronomía. Tacna-Perú. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. 166p.
17. Castillo-Llanque F., H. Rapoport, C. Navarro. s.f. Caracterización de la ramificación del olivo: influencia de diferentes fechas de recolección y estados de carga. Instituto de Agricultura Sostenible (CSIC). Córdoba-España. 6 p.

18. Calvert E. 1993. Aproximación al ciclo fenológico de palto (*Persea americana* Millk), cultivar Fuerte, para la zona Quillota. V Región. Tesis de grado en Agronomía. Quillota-Chile. Universidad Católica de Valparaíso. 143 p.
19. Civantos L. 2008. El Cultivo del Olivo: La olivicultura en el mundo y en España. 6 ed. Madrid, Barcelona y México. Ediciones Mundi-Prensa. 17-36 p.
20. Cuevas J., L. Rallo, H. Rapoport. 1994a. Crop load effects on floral quality in olive. *Scientia Horticulturae* Vol. 49 (2): 123-130.
21. Cuevas J., L. Rallo, H. Rapoport. 1994b. Initial fruit set at high temperature in olive, *Olea europaea* L. *Journal of Horticultural Science* 69(4): 665-672.
22. Dag A., A. Bustan, A. Avni, S. Lavee, J. Riov. 2009. Fruit thinning using NAA shows potential for reducing biennial bearing of “Barnea” and “Picual” oil olive trees. *Crop & Pasture Science* 60: 1124-1130.
23. Dag A., A. Bustan, A. Avni, S. Lavee, J. Riov. 2010. Timing of fruit removal affects concurrent vegetative growth and subsequent return bloom and yield in olive. *Scientia Horticulturae* Vol. 123 (4): 469-472.
24. De Melo-Abreu P., D. Barranco, A. Cordeiro, J. Tous, B. Rogado, F. Villalobos. 2004. Modelling olive flowering date using chilling for dormancy release and thermal time. *Agricultural and Forest Meteorology* 125: 117-127.
25. Dirección Regional de agricultura-Tacna (D.R.A.T). 2013. Tacna: Producción y exportación de aceituna, orégano, y cebolla. Dirección de Estadística Agraria. Tacna-Perú. 14-29 p.
26. Dos Santos A. 2000. Inducción floral y latencia de las yemas del olivo (*Olea europaea* L.). Tesis Doctoral. Córdoba-España. Universidad de Córdoba. 153 p.

27. El-Soaly I. 2008. Some physical and mechanical properties of olive fruits in (Ryayna-Khrian-Libyan Arab). Misr. J. Ag. Eng., 25(3): 899-909.
28. El Yaacoubi A., G. Malagi, A. Oukabli, M. Hafidi, J. Legave. 2014. Global warming impact on floral phenology of fruit trees species in Mediterranean region. Scientia Horticulturae 180: 243-253.
29. Escobar H. 1981. Fenología del olivo del valle de Azapa. Primeras jornadas olivícolas nacionales. Tarapacá-Chile. Universidad de Tarapacá-Ministerio de Agricultura. 52-68 p.
30. Fernández-Escobar R., M. Benlloch, C. Navarro, G. C. Martin. 1992. The Time of Floral Induction in the Olive. J Amer. Soc. Hort. Sci. 117(2): 204-307.
31. Fernández F., J. Ladux, P. Searles. 2015. Dynamics of shoot and fruit growth following fruit thinning in olive trees: same season and subsequent season responses. Scientia Horticulturae 192: 320-330.
32. Fernández J., F. Moreno, I. Girón, O. Blázquez. 1997. Stomatal control of water use in olive tree leaves. Plant and Soil 190: 179-192.
33. Fontanazza G., Gappelletti M., Cimato A., Iacoboni N., Loussert R., Trigui A. 1996. La Enciclopedia Mundial del Olivo: Aspectos genéticos y técnicas de propagación para una plantación intensiva. Barcelona-España. Plaza y Janés Editores. 111-144 p.
34. García J., Jaramillo L. y Rodríguez M. 2013. Crecimiento de flores y frutos del olivo (*Olea europea* L.), bajo condiciones de trópico. Conexión Agropecuaria JDC 2(2): 15-33.
35. Gil-Albert F. 1989. Tratado de Arboricultura Frutal. Vol.I Morfología y fisiología del árbol frutal. 1ra. Edición. España.

36. Gil J. 2012. Caracterización fisiológica y molecular del proceso de abscisión del fruto maduro en olivo. Tesis doctoral. Extremadura-España. Universidad de Extremadura. 309 p.
37. Gómez del Campo M y Rapoport H. 2008. Descripción de la iniciación floral, floración, cuajado, caída de frutos y endurecimiento del hueso. Dossier, agricultura, olivar. 2008: 400-406.
38. Green P. 2002. A revision of *Olea* L. (Oleaceae). Kew bulletin. 57(1):91-144.
39. Guerrero A. 2000. Nueva Olivicultura: Botánica y fisiología.. Cuarta edición. Ediciones Mundi-Prensa. 281: 19-25 p.
40. Hackett W., H. Hartmann. 1967. The influence of temperature on floral initiation in the olive. *Physiol. Plant.* 20:430-436.
41. Hackett W., H. Hartmann. 1964. Inflorescence formation in olive as influenced by low temperature, photoperiod, and leaf area. *Botanical gazette* 125 (1): 65-72.
42. Hartmann H. 1951. Time of floral differentiation of the olive in California. *Botanical Gazette* 112 (3): 323-327.
43. Hartmann, H., J. Whisler. 1975. Flower production in olive as influenced by various chilling temperature regimes. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 100:670-674.
44. Huatuco J. 2001. Caracterización Morfológica de las Variedades de Olivo en los Departamentos de Moquegua y Tacna. Tesis de grado en Agronomía. Tacna-Perú. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. 145 p.
45. Ibacache A., F. Tapia, C. Olivares. 2001. Estudio de la fenología aérea y radicular del olivo. *Actas de V Jornadas Olivícolas Nacionales*: 76-78.

46. Lavee S., D. Barranco, G. Bongi, T. Jarak, R. Loussert, G. Martin, A. Trighi. 1996a. La Enciclopedia Mundial del Olivo: Biología y fisiología del olivo. Barcelona-España. Plaza y Janés Editores. 61-110 p.
47. Lavee S., L. Rallo, H. Rapoport, A. Troncoso. 1996b. The floral biology of the olive: effect of flower number, type and distribution on fruitset. *Scientia Horticulturae* 66: 149-158.
48. Lavee S. 2007. Biennial Bearing in Olive (*Olea europaea*). *Annales· Ser. Hist. Nat.* Enero 2007: 101-112.
49. Malik N., J. Bradford. (2005). Is chilling a prerequisite for flowering and fruiting in ‘Arbequina’ olives. *International journal of fruit science* 5(3): 29-39.
50. Meier, U. 2001. Estadios de las plantas mono-y dicotiledóneas, BBCH Monografía. Trad. E. Gonzales. 2da edición. Centro Federal de investigaciones biológicas para la Agricultura y Silvicultura, Alemania (BBA). 149 p.
51. Monselise S., E. Goldschmidt. 1982. Alternative bearing in fruit trees. *Horticultural reviews* 4: 128-173.
52. Mormeneo, I. sf. Horas de frío y sumas térmicas en la predicción del inicio de la etapa reproductiva en plantas de olivo (*Olea europaea* L.). Departamento de Agronomía-UNS. 10 p.
53. Navarro-Ainza J., A. López-Carbajal. 2013. Cuajado de frutos y partenocarpia en olivo “Manzanillo” con polinización cruzada. *Agronomía Mesoamericana* 24(2):393-400.
54. Orlandi F., C. Sgromo, T. Bonofiglio, L. Ruga, B. Romano, M. Fornaciari. 2010. Spring influences on olive flowering and threshold temperatures related to reproductive structure formation. *HortScience* 45 (7): 1052-1057.

55. Orlandi F., L. Vazquez, L. Ruga, T. Bonofiglio, M. Fornaciari. H. Garcia-Mozo, E. Dominguez, B. Romano, C. Galan. 2005. Bioclimatic requirements for olive flowering in two Mediterranean regions located at the same latitude (Andalucía, Spain, and Sicily, Italy). *Ann Agric Envirom Med.* 12: 47-52.
56. Orlandi F., H. García-Mozo, L. Vazquez , B. Romano, E. Dominguez, C. Galan, , M. Fornaciari. 2004. Phenological olive chilling requirements in Umbria (Italy) and Andalusia (Spain). *Plant Biosystems* 138(2): 111-116.
57. Oteros J. 2014. Modelización del ciclo fenológico reproductor del Olivo (*Olea europea* L.). Tesis Doctoral. Córdoba-España. Universidad de Córdoba. 185 pp.
58. Oteros J., H. García-Mozo, L. Vásquez, A. Mestre, E. Domínguez-Vilches, C. Galán. 2013. Modelling olive phenological response to weather and topography. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 179: 62-68.
59. Pinney, K. y V.S. Polito. 1990. Flower initiation in ‘Manzanillo’ olive. *Acts Hort.* 286:203–205.
60. Rallo L., J. Cuevas. 2008. El Cultivo del Olivo: Fructificación y producción. 6 ed. Madrid, Barcelona y México; Ediciones Mundi-Prensa. 17-36 p.
61. Rallo L., G. Martin. 1991. The role of chilling in releasing olive floral buds from dormancy. *J. Amer. Hort. Sci.* 116(6):1058-1062.
62. Rallo L., P. Torreño, A. Vargas, J. Alvarado. 1994. Dormancy and alternate bearing in olive. *Acta Hort.* 356: 127-136.
63. Rallo L., Suarez M. 1989. Seasonal distribution of dry matter within the olive fruit-bearing limb. *Adv. Hort. Sci.* 3:55-59.





64. Rallo L. 1994. Fructificación y producción del olivo. 1994. Revista agropecuaria 746: 725-728.
65. Ramírez M. 2001. Variabilidad de la producción en olivo (*Olea europea* L.). relación entre alternancia, floración, vigor y productividad. Tesis Doctoral. Córdoba-España. Universidad de Córdoba. 200 p.
66. Rapoport H. 2008. El Cultivo del Olivo: Botánica y morfología. 6 ed. Madrid, Barcelona y México; Ediciones Mundi-Prensa. 37-62 p.
67. Rapoport H., G. Costagli. 2004. The effect of water deficit during early fruit development on olive fruit morphogenesis. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 129(1): 121-127.
68. Rapoport H., T Manrique, R. Gucci. 2004. Cell division and expansion in the olive fruit. Acta Hort. 636: 461-465.
69. Rapoport H., D. Pérez-López, S. Hammami, J. Agüera, A. Morlana. 2013. Fruit pit hardening: physical measurement during olive fruit growth. Annals of Applied Biology 163:200-208.
70. Rapoport H., L. Rallo. 1991a. Postanthesis flower and fruit abscission in “Manzanillo” olive. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116(4): 720-723.
71. Rapoport H., L. Rallo. 1991b. Fruit set and enlargement in fertilized and unfertilized olive ovaries. HortScience 26(7):896-898.
72. Rocha J., S. Salazar, A. Bárcenas, I. González, L. Cossio. 2011. Fenología del aguacate “Hass” en Michoacán. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, México 2 (3): 303-316.

73. Rojo J. 2014. Estudio de la fenología floral del olivo (*Olea europea* L.) y su relación con las variables ambientales. Tesis Doctoral. Catilla-La Mancha-España. Universidad Castilla-La Mancha. 164 p.
74. Rosales J., Parodi G. y Carlini B. 2003. Evaluación del ciclo fenológico del palto (*Persea americana* mil) cv. Hass para la zona de la Irrigación Santa Rosa, Perú. Actas del V Congreso Mundial del Aguacate 311-316p.
75. Sanz-Cortés F., J Martínez-Calvo, M. Badenes, H. Bleiholder, H. Hack, G. Llácer, U. Meier. 2002. Phenological growth stages of olive trees (*Olea europea*). Annals of Applied Biology. 140:151-157.
76. Sotomayor E. 2002a. Fenología del olivo cv. Azapa (*Olea europea* L), en el valle de Azapa-Primera Región Tarapacá. IDESIA (Chile) 20(2): 81-90.
77. Sotomayor E. 2002b. Propagación de Olivo (*Olea europea* L.) cv. Azapa por estaquillas semileñosas bajo diferentes medios de enraizamiento, por injertación de taller y estados-tipo-fenológicos de diez cultivares del Banco de Germoplasma del valle de Azapa. Tesis de Grado en Agronomía. Tacna-Perú. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. 144 p.
78. Suárez C. 2009. Caracterización estructural e histoquímica del pistilo durante la fase progámica e implicación de pectinas y AGPs en las interacciones polen-pistilo del olivo. Tesis Doctoral. Granada-España. Universidad de Granada. 200 p.
79. Sucso, A. 2006. Dinámica Estacional y Control Multilateral de *Palpita persimilis* Munroe (Lepidóptero-Pyralidae), en el Fundo San Martín de Porres. La Yarada-Tacna. Trabajo informe de grado en Agronomía. Tacna-Perú. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. 120p.
80. Tombesi A. 1994. Olive fruit growth and metabolism. Acta Hort. 356: 225-232.





81. Troncoso A., J. Garcia, S. Lavee. 2012. Evaluation of the present information on the mechanisms leading to flower bud induction, evocation and differentiation in *Olea europaea*. Acta Horticulturae 949: 93-98.

VIII. ANEXO

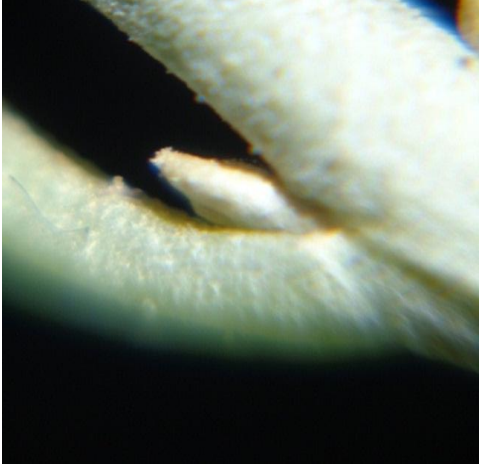


Anexo 1: Imágenes de cada subestadio del estadio fenológico principal 0 “Desarrollo de yemas vegetativas”, escala BBCH adaptado para Olivo.

	
<p>00. Las yemas foliares, situadas normalmente en el ápice de los brotes del año anterior, están completamente cerradas y son puntiagudas, sin pedúnculo y de color ocre.</p>	<p>01. Las yemas foliares comienzan a hincharse y se entreabren, dejando ver los nuevos primordios foliares.</p>
	
<p>03. Las yemas foliares se alargan y se separan de la base.</p>	<p>07. Las hojitas exteriores siguen abriéndose sin separarse del todo, permaneciendo unidos los extremos apicales.</p>

Continuación.

	
<p>9. Las hojitas exteriores siguen separándose y las puntas se entrecruzan.</p>	<p>11. Las primeras hojas se separan del todo, tienen un color gris verdoso</p>
	
<p>15. Se separan más las hojas pero sin alcanzar su tamaño final. Las primeras hojas adquieren una tonalidad verdosa en el haz.</p>	<p>19. Las hojas alcanzan el tamaño y forma característicos de la variedad.</p>

Anexo 2: Imágenes de cada subestadio del estadio principal 5 “Desarrollo de inflorescencias”. Escala fenológica BBCH adaptada para olivo.

	
<p>50. Las yemas florales, situadas normalmente en las axilas de las hojas, están completamente cerradas y son puntiagudas, sin pedúnculo y con brácteas de color ocre</p>	<p>51. Las yemas florales comienzan a hincharse y se separan de la base mediante un pedúnculo.</p>
	
<p>53. Las yemas florales se abren: empieza el desarrollo del racimo floral.</p>	<p>54. Los brazos del racimo floral comienzan a alargarse.</p>

Continuación...



55. Racimo floral totalmente expandido, los botones florales empiezan a abrirse







57. La corola, de color verde, es mayor que el cáliz.



59. La corola cambia del color verde al blanco.

Anexo 3: Imágenes de cada subestadio del estadio principal 6 “Floración”. Escala fenológica BBCH adaptada para olivo.






	
<p>60. Apertura de las primeras flores.</p>	<p>61. Comienzo de la floración: alrededor del 10% de las flores están abiertas.</p>
	
<p>65-67. Plena floración: al menos el 50 % de las flores están abiertas y Comienza la caída de pétalos blancos.</p>	<p>68. La mayoría de los pétalos han caído o están muertos</p>

Continuación.



69. Fin de la floración, cuajado del fruto y caída de ovarios no fecundados.

Anexo 4: Imágenes de cada subestadio del estadio principal 8 “Maduración del fruto”.
Escala fenológica BBCH adaptada para olivo.

	
<p>80. El color verde intenso de los frutos se vuelve verde claro, amarillento.</p>	<p>81. Comienzo de la coloración de los frutos.</p>
	
<p>85. Aumenta la coloración específica de los frutos.</p>	
	
<p>85. Los frutos adquieren el color característico de la variedad, permaneciendo turgentes. Frutos aptos para la extracción de aceite.</p>	

Anexo 5: Caracteres morfológicos de olivo variedad Sevillana, realizado por Alférez y Robles (2007). Basados en descriptores propuestos por Barranco y Rallo.

a) Hojas

1. Forma del limbo: elíptico-lanceolada
2. Tamaño del limbo: muy grande
3. Relación L/A: larga y estrecha
4. Brillo del haz: mate
5. Color del haz: verde oscuro

b) Inflorescencia

1. Estructura: larga y compacta
2. Forma: paniculada
3. Flores supernumerarias: ausentes
4. Grosor de los brotes: medianos

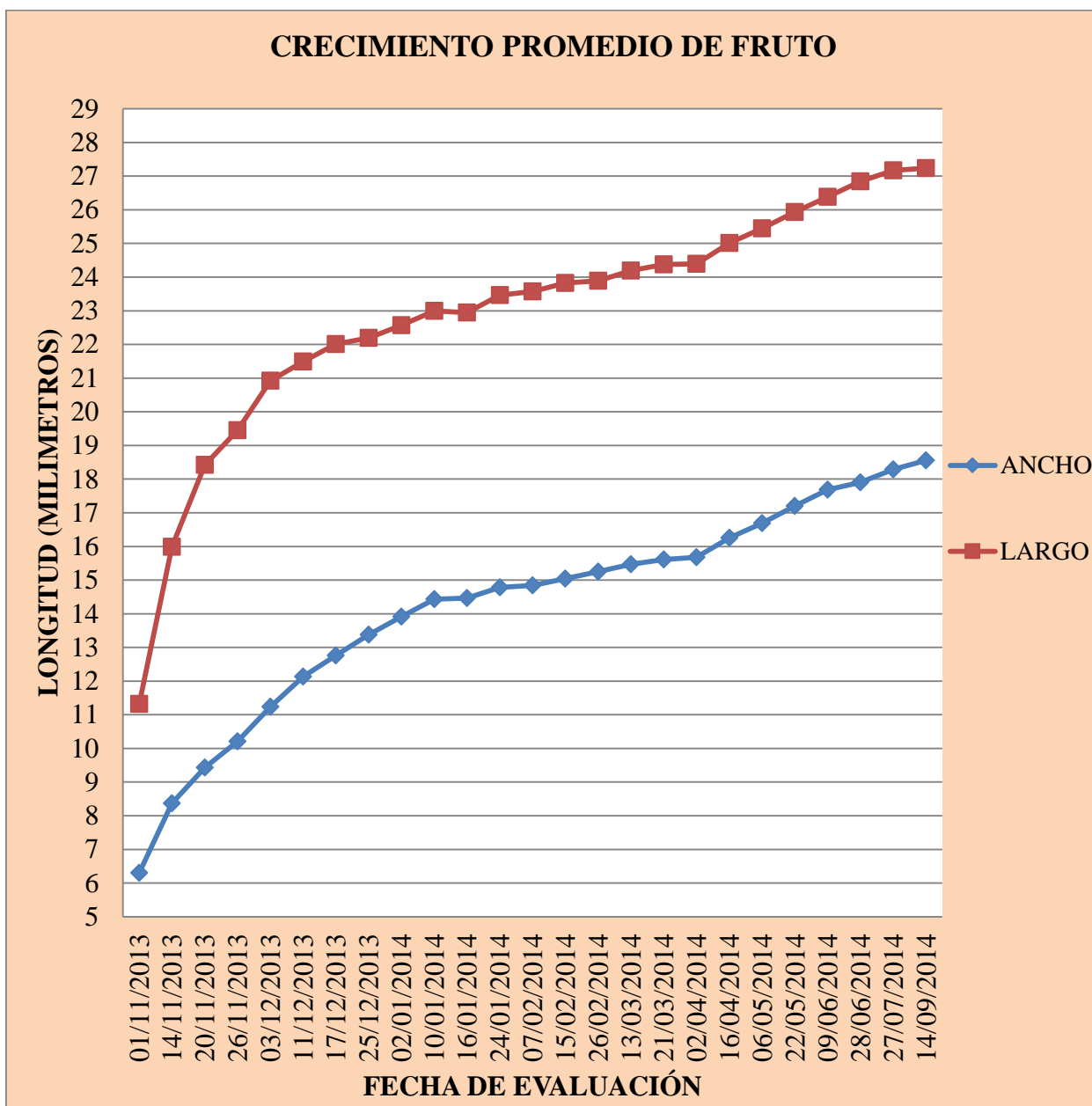
c) Fruto

1. Color a la maduración: negro
2. Lenticelas a la piel del fruto: visibles
3. Forma: alargada
4. Simetría (posición A): ligeramente asimétrico
5. Tamaño del fruto: grande
6. Posición del diámetro máximo: centrado
7. Forma del ápice (posición A): apuntado
8. Posición del punto estilar: desplazado
9. Cavidad peduncular: angosta
10. Sección transversal máxima: circular

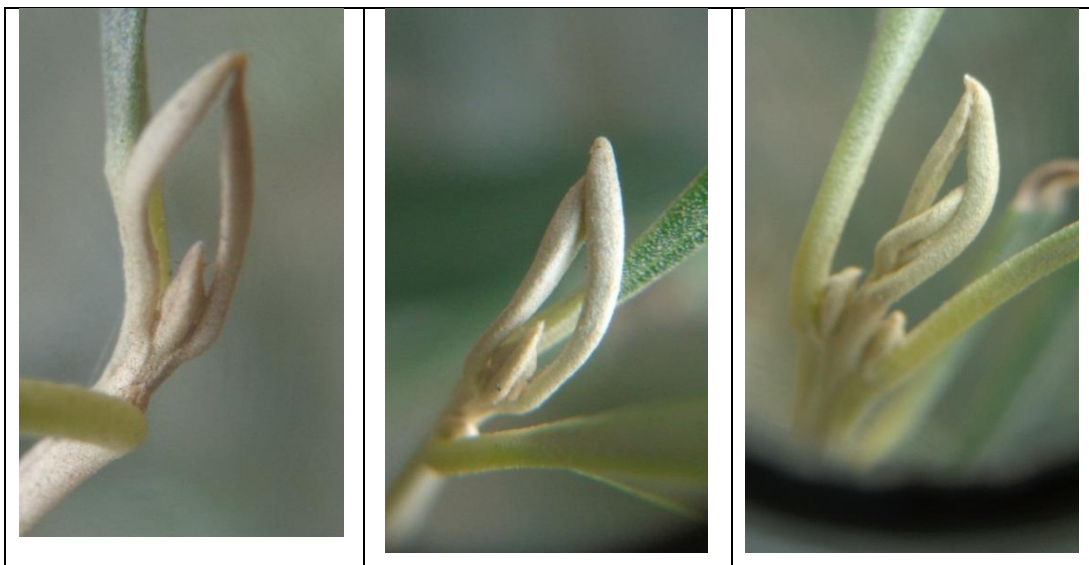
d) Endocarpio

1. Forma (A): alargada
2. Simetría (A): asimétrico
3. Tamaño: grande
4. Posición diámetro transversal máximo: centrado
5. Superficie: rugosa
6. Número de surcos: 7 a 10
7. Distribución de surcos fibro-vasculares: agrupados
8. Forma del ápice: apuntada
9. Terminación del ápice: con mucrón.

Anexo 6: Curva de crecimiento del fruto de olivo.



Anexo 7. Cuadro fotográfico de formaciones atípicas de yemas vegetativas de olivo similares al subestadio 07.



Estas fotos muestran yemas apicales que se estancaron en el subestadio 07. Son yemas que tienen un desarrollo lento, poco vigoroso, que normalmente no llegan a superar este subestadio, permaneciendo en estas formas por largo periodo, o incluso se mantuvieron así hasta el fin de este estudio.

Anexo 08: Cuadro fotográfico de formaciones atípicas de yemas vegetativas de olivo similares al subestadio 09.



Las fotos muestran yemas apicales con las puntas cruzadas, similares al subestadio 09. Estas yemas no guardan el típico desarrollo como establece la escala BBCH para esta etapa. Deben de ser consideradas yemas atípicas, además de no incluirlas para elaborar el grafico de tendencia para su estadio principal correspondiente. Son consideradas yemas de brotación pasmada.

Anexo 09. Cuadro fotográfico de formaciones atípicas de yemas vegetativas de olivo similares al subestadio 11.



Yemas apicales similares al subestadio 11, pero que, en muchos casos, no pasaron por los subestadios 07 y 09. Las primeras hojitas no se alargaron mucho pero ya se habían separado. También se aprecia que no continúan con su desarrollo, estancándose en este subestadio u otro más adelantado, sin llegar a formar un brote típico. Son consideradas como yemas de brotación pasmada.

Anexo 10. Cuadro fotográfico de formaciones atípicas de yemas vegetativas de olivo similares al subestadio 11.



Es típico encontrar casos como estos dos. Una yema que desarrolló solo una hoja, y una yema que desarrolló las dos hojas pero que estas no tienen la forma ni el tamaño típico de la variedad. Ambos casos son considerados como yemas de brotación pasmada. Para el caso de las hojas desarrolladas, no superaría el subestadio 19 que establece que las hojas tiene el tamaño y forma característica de la variedad.